BIBLIOTHÈQUE UTILE

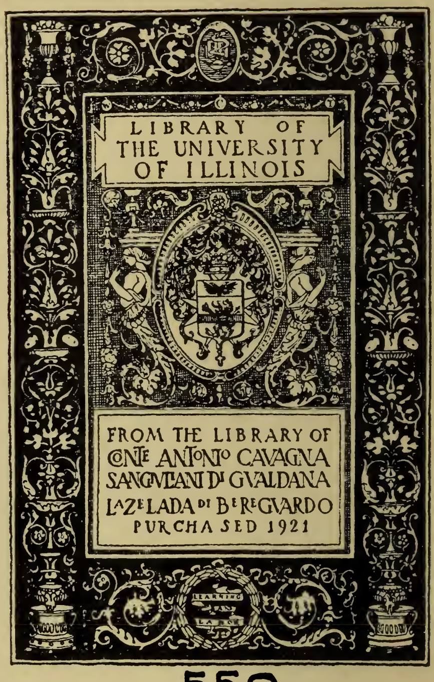
LIII

A. GEIKIE

LA GÉOLOGIE

LIBRAIRIE
FÉLIX ALCAN
PARIS

LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN



ANGLETERRE

Histoire gouvernementale de l'Angleterre, depuis 1770 jusqu'a 1830, par sir *G. Cornewal Lewis*. 4 vol in-8, traduit de l'anglais . . . . 7 »

Histoire de l'Angleterre depuis la reine Anne jusqu'a nos jours, par *H. Reynald*. 1 vol. in-18. 2e édition. 3 50

Les quatre Georges, par *Thackeray*, traduit de l'anglais par *Lefoyer*. 1 vol. in-18. 3 50

Lombart-Street, le marché financier en Angleterre, par *W. Bageot*. 1 vol. in-18 . . . . 3 50

Lord Palmerston et lord Russel, par *Aug. Laugel*. 1 vol. in-18. 3 50

ALLEMAGNE

Histoire de la Prusse depuis la mort de Frédéric II jusqu'a la bataille de Sadowa, par *Eug. Véron*. 1 vol. in-18. 5e édition 3 50

Histoire de la Prusse depuis la bataille de Sadowa jusqu'a nos jours, par *Eug. Véron*. 1 vol. in-18, 3e édition. . . 3 50

AUTRICHE-HONGRIE

Histoire de l'Autriche depuis la mort de Marie-Thérèse jusqu'a nos jours, par *L. Asseline*. 1 vol. in-18. 3e édition. 3 50

ESPAGNE

Histoire de l'Espagne depuis la mort de Charles III jusqu'a nos jours, par *H. Raynald*. 1 vol. in-18. . . . . 3 50

RUSSIE

Histoire contemporaine de la Russie, par *G. Créhange*. 1 vol. in-18 . . . . 3 50

SUISSE

Histoire du peuple suisse, par *Daendliker*, avec préface de *Jules Favre*. 1 vol. in-8. . . . . 5 »

AMÉRIQUE

Histoire de l'Amérique du Sud depuis sa conquête jusqu'a nos jours, par *Alfred Deberle*. 1 vol. in-18. 2e édition. . . 3 50

Les États-Unis pendant la guerre 1861-1864. Souvenirs personnels, par *Aug. Laugel*. 1 vol in-18. . . . . 3 50

ITALIE

Histoire de l'Italie depuis 1815 jusqu'a la mort de Victor-Emmanuel, par *E. Sorin*. 1 vol. in-18. . . . . 3 50

PUBLICATIONS HISTORIQUES ILLUSTRÉES

Histoire illustrée du second empire, par Taxile Delord. 6 vol. in-8 colombier avec 500 gravures de Ferat, Fr. Régamey, etc.
Chaque vol. broché, 8 fr. — Cart. doré, tr. dorées. . 11 50

Histoire populaire de la France depuis les origines jusqu'en 1815. Nouvelle édition. 4 vol. in-8 colombier avec 1323 gravures sur bois dans le texte.
Chaque vol. br., 7 fr. 50. — Cart. toile, tr. dorées. . 11 »

LA
GÉOLOGIE

PAR

A. GEIKIE
Directeur du « Geological Survey » d'Écosse,
Professeur de géologie et de minéralogie à l'Université
d'Edimbourg.

TRADUIT DE L'ANGLAIS

PAR HENRY GRAVEZ
Ingénieur.

TROISIÈME ÉDITION
Ornée de 47 gravures

PARIS
ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie
FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN
Au coin de la rue Hautefeuille

Coulommiers. — Imp. Paul BRODARD

LA GÉOLOGIE

INTRODUCTION

Une maison ordinaire, telle que celles où vivent la plupart d'entre nous, est faite de matériaux divers, et l'un de ceux-ci est toujours la *pierre*. La pierre est employée dans les murs, les foyers, les cheminées et les toitures; mais elle diffère dans chacun de ces cas de celle qui entre dans les autres parties du bâtiment. Ainsi les murs seront faits de pierres de taille, de calcaire ou de briques, l'avant-foyer de carreaux, la toiture d'ardoise ou de tuiles, les cheminées de marbre, tandis qu'une autre variété de pierre, la houille, brûlera dans les foyers. Parcourez les rues, vous y trouverez des variétés plus nombreuses encore. Les pierres de la chaussée sont

d'une espèce, celles du trottoir d'une autre. Beaucoup de variétés ornementales sont employées dans les magasins et les maisons. Un seul regard jeté sur les habitations et sur les rues vous montrera qu'*il y a beaucoup d'espèces différentes de pierres*.

Si vous les examinez d'un peu plus près, vous verrez qu'elles subissent des opérations fort diverses avant de faire partie d'un bâtiment. Les pierres des murs ont été dégrossies et dressées au ciseau et au marteau ; le marbre des cheminées a été douci et poli ; les ardoises ont été fendues en plaques minces. Certains de ces matériaux de construction ont subi des changements beaucoup plus grands encore. Les briques, par exemple, étaient d'abord de l'argile molle qui s'est durcie en cuisant dans des fours. Le mortier qui relie les pierres ou les briques des murs a été obtenu en calcinant du calcaire. Le fer employé dans la maison a commencé par être une pierre grossière, rouge ou brune, qu'on a grillée et fondue pour en extraire le métal clair et brillant.

Si différentes les unes des autres que soient toutes ces pierres, elles ont un caractère commun : *elles sont toutes sorties du sous-sol.*

Si vous pouviez remonter à l'origine de chacune d'entre elles, vous trouveriez que la pierre de taille et le calcaire ont été extraits de carrières peut-être assez rapprochées; que les ardoises ont été détachées du versant de quelque colline, probablement dans les Galles; que le marbre est sorti du flanc de quelque montagne éloignée, d'Italie peut-être; que la houille a été fournie par des mines creusées à grande profondeur sous le sol de l'Angleterre, et que les briques ont été faites avec l'argile de quelque terrain bas de votre voisinage.

Dans notre pays, la plus grande partie de la surface est couverte d'un tapis d'herbes vertes s'étendant jusque sur les collines ; les champs de céréales, les pâturages, les bois, les vergers cachent ce qui se trouve au-dessous d'eux, comme le tapis cache un plancher. Ce manteau de végétation, avec le sol où il pousse, n'est pourtant qu'une mince couverture. Vous pouvez, à l'aide d'un trou peu profond, traverser le gazon et le sol, ou mieux encore assister à leur enlèvement dans les carrières, les puits ou les excavations de toute espèce. Ils ne forment qu'une simple couche extérieure, ayant tout au plus quelques pieds

d'épaisseur. Au-dessous d'eux se trouve toujours quelque espèce de pierre. De même qu'en soulevant le tapis d'une chambre vous mettez à nu le plancher, de même, en enlevant la couche extérieure de végétation et le sol qui la supporte, vous découvrez un pavement de pierre.

Nous foulons ce pavement de pierre tous les jours de notre vie. Il s'étend sur tout le globe, formant le fond de la mer et la surface de la terre.

Différant en cela du pavement de nos demeures, il est très inégal, comme vous le savez. A certains endroits, il s'étale en vastes plaines unies ; il s'élève ailleurs en hautes montagnes escarpées.

De plus ce vaste pavement qui couvre le monde diffère de celui de nos maisons par la merveilleuse variété de ses matériaux. Les différentes pierres que nous employons dans nos bâtiments ne peuvent vous donner qu'une faible idée de cette variété. Il existe à côté de cela un nombre presque infini d'autres pierres. L'architecte cherche à construire ses planchers avec quelque espèce uniforme de bois résistant ; mais le grand pavement de pierre sur lequel nous vivons n'a pas cette uniformité. Ses matériaux divers sont groupés de la façon la plus irrégulière et la plus chan-

geante, tellement que, si vous en dressiez la carte, elle ressemblerait au dessin compliqué de quelque tapis de prix.

C'est de ce pavement que je veux vous parler dans les pages qui vont suivre, de sa composition et de la manière dont ses différentes parties se sont groupées. A première vue, il vous semblera peut-être qu'il n'y a rien de bien intéressant, de bien attachant dans un tel sujet. Je veux vous prouver le contraire par un exemple.

Tracez sur une carte des Iles-Britanniques deux lignes au crayon. La première, qui part de Liverpool, traverse l'Angleterre en touchant Stafford, Birmingham et Cambridge et atteint la mer à Harwich. L'autre s'étend à travers l'Ecosse, de l'île de Skye à Montrose.

Supposons que deux étrangers qui n'ont jamais vu ce pays abordent sur la côte ouest et, après avoir traversé l'île chacun le long d'une des lignes que vous avez tracées, se rejoignent sur le continent et se fassent part de leurs impressions. Le voyageur qui aurait suivi la ligne de Liverpool à Harwich s'exprimerait sans doute comme ceci : « Le sol de l'Angleterre est d'une égalité surprenante; j'ai traversé toute l'île sans voir une seule ondu-

lation qui méritât le nom de colline. La plus grande partie du pays est d'une fertilité merveilleuse, couverte tantôt de champs, tantôt de vergers et de bois, tantôt de vastes paturâges. Les maisons sont bâties en briques. J'ai vu quelques grandes villes populeuses, offrant tous les genres d'industrie. J'ai remarqué aussi que dans certaines parties du pays la richesse des habitants vient principalement du sous-sol. Dans le Cheshire, ils tirent des mines de grandes quantités de sel. Dans le Staffordshire, ils extraient de la houille et du fer de puits nombreux et profonds; mais en somme l'Angleterre me semble adonnée surtout à la culture des céréales et à l'élève du bétail. »

Le second voyageur aurait une histoire fort différente à raconter. « Je ne puis comprendre, dirait-il, que vous puissiez parler de l'Angleterre comme d'un pays plat. J'ai moi-même traversé l'île de la mer à la mer, puisque, après avoir abordé sur la côte d'Inverness-shire, je me suis embarqué dans le port de Montrose. Je n'ai guère rencontré sur ma route de terre basse ou de plaine. C'est une succession interminable de hautes montagnes escarpées et de profondes vallées rocheuses.

Avant d'arriver à la côte orientale, je n'ai rencontré aucune ville ; à peine ai-je vu quelques villages. Les gens vivent dans des maisons de pierre ; je n'ai vu nulle part une seule brique. La houille qu'ils brûlent vient de loin, et les pauvres n'ont pour combustible que la tourbe qu'ils vont chercher sur les collines. Je n'ai vu dans mon voyage aucune mine, aucune manufacture. La population est clair-semée et semble surtout occupée de l'élève des moutons. Si je puis juger toute l'Angleterre d'après ce que j'ai vu de mes propres yeux, c'est une île escarpée, montagneuse, stérile, sans commerce ni industrie, et faite seulement pour le paturâge, la chasse aux grouses et en quelques points pour le labour. »

Bien que chacun de nos deux voyageurs ait rendu assez exactement compte de ce pays d'après son expérience personnelle, tous deux ont cependant grand tort de supposer que ce qu'ils ont vu dans une partie de la contrée s'applique de la même façon au pays tout entier.

Mais comment se fait-il qu'il y ait d'aussi grandes différences entre les diverses parties de l'Angleterre ? Comment expliquer qu'une région soit montagneuse, une autre plane ; que l'une soit

fertile, l'autre stérile ; que l'une soit populeuse et adonnée à toutes les industries, et l'autre à peine peuplée et adonnée à la chasse et à l'élève des moutons ?

Ces grandes différences de la surface d'un pays dépendent des différences entre les pierres ou roches.

Vous comprenez facilement que, si le caractère d'un pays et de ses habitants dépend à ce point de la nature des pierres sous-jacentes, il est très désirable que nous sachions quelque chose de ces pierres, de la façon dont elles ont été formées, de leur composition et de ce qui fait qu'ici elles s'étendent en plaines ou en terres basses, ailleurs elles s'élèvent en simples collines ou en montagnes élevées. Ce genre de connaissance constitue la GÉOLOGIE.

CHAPITRE PREMIER

LES DIFFÉRENTES ESPÈCES DE PIERRES

Si je vous demandais combien d'espèces de livres vous avez vues en votre vie, vous me diriez sans doute qu'il vous a été tout à fait impossible de les compter. Vous en avez vu de neufs et de vieux, de gros et de petits, les uns cartonnés, d'autres recouverts d'un simple papier; les uns reliés en toile rouge, verte ou bleue, les autres revêtus de cuir et ornés de riches dorures; les uns imprimés en grands caractères, les autres en petits; les uns enrichis de gravures nombreuses, les autres n'en renfermant aucune. En un mot, vous pourriez énumérer pendant longtemps toutes les différences constatées dans les livres qui vous ont passé par les mains, mais un instant de réflexion vous montrera que ces diffé-

rences sont purement extérieures. La partie vraiment importante du livre n'est pas la reliure, ni le papier, ni l'impression, mais bien les mots qu'il veut vous faire connaîre. Que vous imprimiez ces mots en très petits caractères condensés en un petit livre ou en caractères forts et espacés de façon à en former un gros, que vous y intercaliez ou non des gravures, que vous le reliiez en toile ou en cuir ou que vous ne le reliiez pas du tout, ce n'en sera pas moins toujours le même livre.

Si, de ces ressemblances ou de ces différences extérieures et peu importantes, vous passez à ce que sont véritablement les livres en eux-mêmes, vous voyez bientôt qu'après tout les variétés n'en sont pas aussi nombreuses que vous l'auriez cru. Il vous est facile de les assortir, de les grouper suivant les sujets qu'ils traitent. Vous trouvez dans votre petite bibliothèque des livres de grammaire, des livres d'histoire, des livres de géographie à côté de livres de poésie, de livres de voyages, de livres d'imagination, et ainsi de suite. Sous chacun de ces noms, vous pouvez grouper des centaines de volumes qui se ressembleront, parce qu'ils traitent des mêmes choses, malgré

qu'ils soient vieux ou neufs, grands ou petits, reliés ou brochés.

En arrangeant ainsi vos livres sans vous arrêter aux ressemblances superficielles ou accidentelles, et en prenant pour base le sujet qu'ils traitent en commun, c'est-à-dire leur ressemblance réelle, vous suivez ce qu'on appelle un PRINCIPE DE CLASSIFICATION. Quel que soit le nombre de ces volumes, quelle que soit la langue dans laquelle ils sont écrits, vous pourrez toujours, en suivant votre principe de classification, les placer tous au bon endroit, d'après le sujet traité, de façon qu'à chaque instant vous puissiez mettre la main sur celui dont vous avez besoin.

Supposons qu'au lieu de livres vous ayez à classer des pierres. Vous cherchez à vous rappeler le nom de toutes les différentes pierres que vous connaissez, avec leurs caractères. Peut-être commencerez-vous par les arranger suivant leur couleur, en pierres noires comme la houille, en pierres blanches comme la craie. Vous vous apercevez bientôt, cependant, que la même pierre, le marbre par exemple, est tantôt blanche, tantôt noire. Il est donc évident que la couleur ne pourra vous servir de principe de classifica-

tion, pas plus que pour les livres. Vous essayerez alors le groupement en pierres dures et en pierres tendres ; mais aussitôt vous en arrivez à juxtaposer des espèces si dissemblables, que vous comprenez que la dureté est un caractère purement accidentel ou extérieur, comme le papier ou l'impression d'un livre.

Vous devez découvrir les caractères réels et essentiels des pierres. Comment avez-vous fait pour les livres ? Vous avez examiné leur contenu et réuni ceux qui traitaient le même sujet. Vous devez suivre la même marche avec les pierres.

Mais, me demanderez-vous : Comment lirons-nous le contenu des pierres ? Ce doit être très difficile, leurs variétés étant infiniment plus nombreuses que celles des livres. En aucune façon. Vous apprendrez bientôt qu'il n'est pas aussi difficile que vous le supposez de lire le contenu des pierres, et qu'en réalité leurs groupes principaux sont beaucoup moins nombreux que ceux des livres. Voyons.

Voici trois morceaux de pierre :

1° Un morceau de grès,

2° Un morceau de granit,

3° Un morceau de craie.

Vous connaissez depuis longtemps chacune de ces espèces de pierre. Le grès entre dans les murs, les linteaux, les foyers et les pavements. On voit aujourd'hui fréquemment le granit en colonnes et en dalles polies dans les édifices publics, les magasins et les tombeaux ; les rues, dans beaucoup

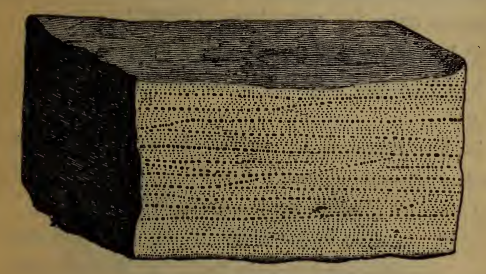


Fig. 1. — Morceau de grès.

de grandes villes, en sont pavées. La craie blanche commune est bien connue de tout le monde.

Prenez en main le morceau de grès, et examinez-le attentivement, vous servant même d'un verre grossissant si les grains sont fins. Prenez note de chacun des caractères que vous allez observer. Vous faites peu d'attention à la couleur, car les grès, comme les livres, peuvent être rouges ou blancs, verts ou jaunes, ou de toutes les

couleurs. Vous ne vous inquiétez guère non plus de la dureté comme caractère essentiel, car peut-être, même sur un petit échantillon, une partie est-elle tout à fait dure, tandis que sa voisine est tendre et s'émiette.

Si votre morceau de grès est bien choisi, vous pourrez noter les caractères suivants :

1° La pierre est faite de petits grains.

2° Les grains sont tous plus ou moins arrondis et usés.

3° En grattant la surface de la pierre, ces grains arrondis peuvent s'en détacher, et alors ils ont l'air de simples grains de sable.

4° Un examen plus attentif de la pierre montre que les grains sont rangés en lignes et qu'en général ces lignes sont parallèles.

5° Les grains diffèrent les uns des autres par leur grosseur et la matière dont ils sont faits. La plupart sont formés d'une substance très dure, blanche ou incolore comme du verre; quelques-uns, en paillettes, brillent comme de l'argent; d'autres sont plus tendres et de couleurs variées. Dans certains grès, ils se touchent; dans d'autres, ils sont séparés par un ciment dur qui les relie tous en une pierre solide. C'est ce ciment qui

colore ordinairement le grès, le plus souvent en rouge ou en jaune, quelquefois en vert, en brun, en pourpre et même en noir.

Résumant ces caractères en une définition brève, vous dites que *le grès est une pierre composée de grains usés et arrondis disposés en couche et provenant d'autres pierres.*

Procédez maintenant de la même façon avec le morceau de granit. Vous apercevez aussitôt une série de caractères tout différents, parmi lesquels vous notez bientôt les suivants :



Fig. 2. — Morceau de granit.

1° La pierre ne contient pas de grains arrondis.

2° Elle est composée de trois substances différentes dont chacune a sa forme cristalline particulière. Ainsi, l'une d'elles, le *feldspath*, se présente en cristaux à longues faces polies, aux

arêtes vives, d'une couleur rose pâle ou blanche, que vous pouvez rayer, mais difficilement, avec la pointe d'un canif. Ce sont les parties blanches, aux pointes aiguës, du dessin (figure 2).

Une autre substance, appelée *mica*, est faite de plaques brillantes que vous pouvez facilement rayer et fendre en feuilles minces et transparentes. Si vous comparez ces plaques brillantes aux paillettes argentées du grès, vous verrez qu'elles sont de même matière.

La troisième, qu'on appelle *quartz*, est une substance très dure, transparente, pareille au verre, que votre canif ne peut entailler, et formée de cette même matière dont étaient faits la plupart des grains du grès.

3° Les cristaux, dans le granit, ne se présentent pas en ordre défini; ils sont disséminés au hasard dans toute la masse.

Tous ces caractères diffèrent d'une façon frappante de ceux du grès. Vous pouvez les résumer ainsi : *Le granit est une pierre composée de cristaux distincts, mélangés de façon irrégulière sans apparence de couches.*

Soumettez enfin au même examen votre morceau de craie. A première vue, cette pierre sem-

ble n'avoir aucun caractère distinct. C'est une substance douce, blanche, fragile, qui salit vos doigts quand vous la touchez et qui semble n'avoir ni grains comme le grès, ni cristaux comme le granit. Vous aurez besoin d'un verre grossissant ou même d'un microscope pour découvrir la nature réelle de la craie. Prenez une brosse fine, et faites tomber un peu de craie en poudre dans un verre d'eau claire. Agitez alors l'eau doucement et laissez la reposer jusqu'à ce que vous voyiez au fond une couche de sédiment. Enlevez l'eau, et, après avoir placé un peu de ce sédiment sur un morceau de verre, étudiez-le avec un microscope ou un verre grossissant. Vous lui découvrirez des caractères fortement marqués, qu'on peut établir de la sorte :

1° La pierre, bien qu'elle paraisse à l'œil d'une texture beaucoup plus uniforme que le grès ou le granit, est faite de particules qui se ressemblent par la couleur et la composition, mais dont les formes sont fort variées.

2° Elle consiste en petites coquilles, en morceaux de corail, en fragments d'éponges et en particules blanches qui sont évidemment des restes de coquilles brisées. La figure 3 vous

montre quelques-uns de ces grains de craie, comme ils apparaissent sous un microscope grossissant cinquante fois. On trouve aussi, incrustées dans la craie, des coquilles plus grandes et bien



Fig. 3. — Quelques éléments d'un morceau de craie.

conservées, des oursins de mer et d'autres animaux marins.

En résumé, vous pouvez dire que *la craie est une pierre formée par des restes d'animaux détruits*.

Vous devez répéter ce genre d'examen jusqu'à ce que vous soyez familiarisé avec les caractères que nous venons d'établir. Vous en comprendrez mieux l'importance en découvrant que ces trois pierres sont les types des trois grands groupes où peuvent se ranger la plupart des roches terrestres. Quand vous vous rendez compte

de la composition d'un morceau de grès, de craie ou de granit, et de la façon dont chacune de ces pierres fut formée, vous posez par là même un fondement de connaissances qui vous aidera à compendre comment la plus grande partie des pierres de nos montagnes, de nos vallées et de nos rivages furent autrefois créées.

En dépit donc de la diversité infinie en apparence des pierres qui constituent notre globe, vous voyez qu'avec un peu d'étude il est possible de les grouper en très peu de classes. Il vous suffit d'adopter un principe de classification très simple, et chaque pierre que vous rencontrerez viendra naturellement se ranger dans son groupe propre. Ne vous inquiétez guère des formes et des couleurs extérieures; recherchez la composition, et demandez-vous si la pierre doit être rangée dans le groupe du grès, dans le groupe du granit ou dans le groupe de la craie.



CHAPITRE II

CE QUE LES PIERRES ONT A NOUS APPRENDRE

Si vous vous contentiez cependant de ranger chaque pierre dans sa division, la chose ne vaudrait guère la peine d'y consacrer votre temps. Vous ressembleriez à des gens qui, capables de disposer si bien une bibliothèque que chaque volume y soit à sa place sur son rayon, à portée de la main, se contenteraient de cet arrangement systématique sans jamais ouvrir aucun livre pour se rendre compte de son contenu aussi bien que de sa couverture. La classification des pierres, des fleurs, des oiseaux, des poissons, ou de toute autre chose, n'est pas plus utile en elle-même que ce classement de la bibliothèque, à moins qu'elle ne vous aide à mieux comprendre la nature des objets que vous classifiez et de leurs relations entre eux.

Cette habitude de classifier ce que nous découvrons fait la base de toute science véritable. Sans elle, nous ne ferions aucun progrès, nous marcherions dans un brouillard sans savoir jamais que faire de chaque chose nouvelle que nous trouvons. Nous serions pareils à des gens qui, enfermés dans une grande salle pour s'y instruire, n'y trouveraient que des monceaux de livres écrits dans toutes les langues, sur tous les sujets, mais dans une confusion complète et inextricable.

Voyons ce que peut faire pour nous cette habitude au milieu de la variété infinie en apparence des pierres dont le monde est rempli.

Reprenons nos trois pierres, — grès, craie et granit, — et rapprochons-en les autres pierres. Nous sortons de la ville pour gagner le puits, la carrière ou le ravin le plus proche, en un mot toute excavation, naturelle ou artificielle, qui nous permettra de voir sous le sol et sous le gazon de la surface. Nous trouverons soit un puits à argile, soit une carrière de grès, soit une tranchée de chemin de fer taillée dans la craie ou le calcaire, soit enfin un ravin profond creusé dans des roches dures, avec un ruisseau coulant au fond.

Peu nous importe pour le moment la nature de l'excavation, pourvu qu'elle nous montre ce qui gît au-dessous du sol. Nous trouvons dans tous ces endroits quelque espèce de pierre, peut-être plusieurs. Un peu de pratique nous apprend que ces différentes espèces peuvent d'ordinaire se ranger dans l'une ou l'autre des trois divisions mentionnées plus haut. Ainsi un grand nombre de pierres répondent à la description générale que nous avons donnée du grès. Elles se rangeront donc à côté de notre échantillon. D'autres, en nombre considérable, se trouveront entièrement ou presque entièrement composées de débris de plantes ou d'animaux. Nous les placerons dans la même division que notre morceau de craie. Enfin un bon nombre étant faites de cristaux de différents genres, nous les classerons à côté de notre fragment de granit.

Vous pouvez ainsi passer de ces morceaux de pierres, que vous pouvez tenir à la main, aux masses de pierre qui gisent sous une commune, sous un comté, sous le royaume tout entier. Vous apprenez qu'une longue chaîne de collines, traversant l'Angleterre dans toute sa largeur, des côtes du Dorsetshire à celles du Yorkshire,

est formée de craie, et que d'autres parties du pays reposent sur des espèces de pierres ressemblant en beaucoup de points à la craie. Vous découvrez bientôt qu'une grande partie de l'Angleterre, par exemple les collines et les vallées d'une grande étendue des Galles, du Lancashire et du sud de l'Ecosse, est faite d'une pierre qui ressemble fort à votre morceau de grès. Si vous escaladez le sommet de quelques-unes de nos plus hautes montagnes, le Ben Nevis par exemple, vous verrez qu'elles sont formées de masses solides de granit entièrement semblable à votre petit spécimen, ou du moins d'autres pierres appartenant à la même division que le granit.

En poursuivant ainsi, vous vous apercevriez que les différentes espèces de pierres ne sont pas disséminées au hasard, mais que chacune a sa place propre, son espèce particulière de collines ou de vallées.

Un examen plus attentif vous montrerait une chose beaucoup plus merveilleuse encore. En recherchant l'origine de ces pierres, vous apprendriez par degrés que chacune d'elles peut vous donner à ce sujet une réponse plus ou moins distincte. Elles peuvent en réalité se comparer à

des livres dont chacun a sa part d'histoire à nous dire.

Vous aimez à lire des livres d'histoire. Vous trouvez grand intérêt à suivre les changements qui se sont produits anciennement dans votre pays, à savoir comment se livrèrent les batailles, comment s'établirent les lois et disparurent les vieilles coutumes. Sans doute vous vous êtes aperçus que, mieux vous connaissez ces événements anciens, mieux aussi vous comprenez comment les lois et les coutumes du présent ont pris leur forme actuelle.

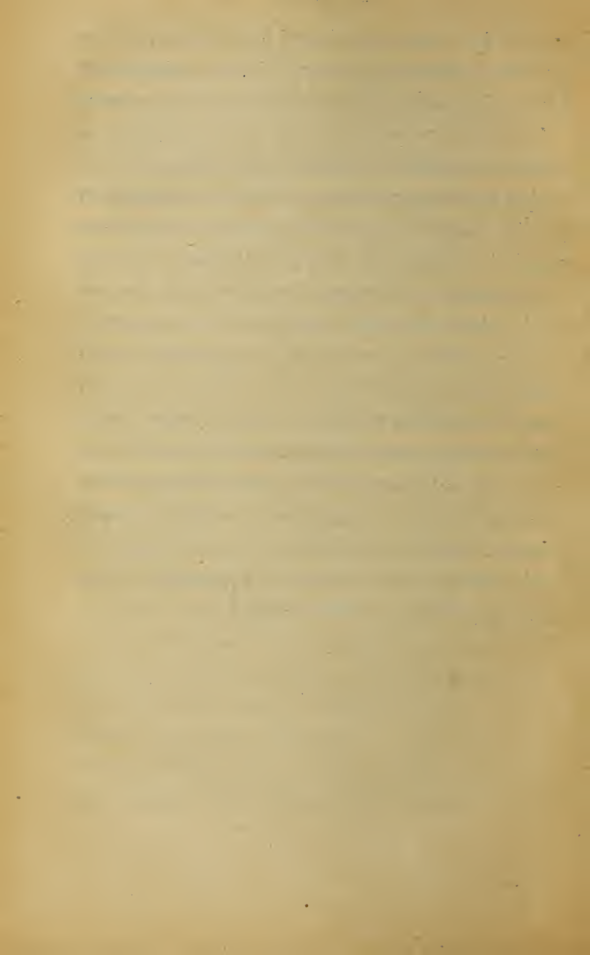
Eh bien, la terre solide que foulent vos pieds a son histoire aussi bien que les peuples qui ont vécu à sa surface. Voyez l'Angleterre, par exemple. Vous apprendrez qu'autrefois une grande partie de ce pays, comme d'ailleurs de l'Europe et de l'Amérique du Nord, était ensevelie sous la glace, comme le Groënland. En remontant toujours, on la voit couverte de fourrés de palmiers et d'autres plantes tropicales, puis disparaître sous les eaux d'un vaste océan ; plus loin encore, on peut retrouver d'autres périodes où elle se présente alternativement couverte de forêts et de vastes marécages, ou ensevelie de nouveau

sous la mer. Vous pouvez remonter pas à pas cette étrange histoire, avec autant de certitude que vous suivez les actions de Jules César ou de Guillaume le Conquérant.

Les preuves de toutes ces révolutions anciennes de la surface de la terre sont enfermées dans les pierres que vous foulez. En cherchant ce que sont ces pierres, comment elles furent formées et prirent leur forme actuelle, vous écrivez en réalité une des pages de l'histoire de la terre. Le caillou le plus vulgaire a sa part de cette histoire à vous dire. Si vous croyez n'avoir pas perdu votre temps en apprenant à lire, eu égard à toutes les connaissances que vous avez puisées dans les livres, vous découvrirez aussi que vous serez amplement payé de toutes les peines que vous prendrez pour tâcher de pénétrer le sens caché des pierres. Cette histoire de la terre est écrite en une langue claire et lisible que vous saisirez facilement, avec un peu de patience. Une fois que vous la posséderez, le contenu des livres ne vous suffira plus. Ce sera alors pour vous une source de plaisirs constants et toujours croissants, d'étudier les carrières et les ruisseaux, les rivages et les collines, tout endroit en un

mot où les roches paraissent à la surface, de les questionner et d'apprendre d'elles ce qu'elles ont à vous dire des anciennes révolutions terrestres.

Le but de ce petit livre est de vous mettre à même de poser ces questions aux pierres et aux roches que vous rencontrez. Nous commencerons par les choses les plus simples, et nous ferons appel à chaque pas aux objets qui vous sont déjà familiers. Vous vous rendrez ainsi compte de la sûreté et de la rapidité de vos progrès, et vous finirez par poser les questions vous-même, sans recourir à aucun livre ou à aucun ami. En étudiant ce qui se passe chaque jour, par exemple, dans un ruisseau ou au bord de la mer, vous comprendrez les événements qui se sont produits dans le passé le plus reculé, et vous pourrez déchiffrer parmi les roches cette merveilleuse histoire de la terre qu'il appartient à la géologie d'étudier et de raconter.



CHAPITRE III

LES ROCHES SÉDIMENTAIRES

I. — Qu'est-ce qu'un sédiment?

Nous avons fait quelques pas dans nos tentatives pour connaître la nature des pierres. Nous avons appris qu'elles renferment toute l'histoire des anciennes révolutions du globe, histoire que nous pouvons mettre au jour, à condition de ranger en groupes distincts les différentes pierres que nous voulons étudier. Nous avons vu de plus qu'elles peuvent se diviser en trois groupes ou classes principales, dont chacune a sa série de caractères bien définis.

On peut donner un nom à chacun de ces groupes, les appeler le groupe du grès, le groupe de la craie, le groupe du granit; mais il se trouve

que d'autres noms, déjà employés, conviendront mieux. Nous rapporterons donc toutes les pierres ayant les caractères du grès aux ROCHES SÉDIMENTAIRES; celles formées de restes végétaux ou animaux, comme la craie, aux ROCHES ORGANIQUES; et celles qui ont un aspect cristallisé comme notre granit, aux ROCHES IGNÉES. La signification de ces noms s'éclaircira plus loin.

Le nom de *roche* s'applique à toute espèce de pierre naturelle, quel que soit son degré de dureté. Dans ce sens, le sable, le limon, l'argile, la tourbe, la houille sont des roches tout aussi bien que le grès, le calcaire ou le granit.

Il est évident tout d'abord que chacun de ces groupes si bien définis doit avoir son histoire particulière, c'est-à-dire que ses différentes espèces de pierre ou de roche doivent avoir été formées d'autre façon que celles des autres groupes, pour s'en distinguer à ce point. Nous allons considérer successivement chacun d'eux, en commençant par les roches sédimentaires, celles qui ont une ressemblance plus ou moins étroite avec le grès.

Nous devons d'abord comprendre la signification de ce mot *sédimentaire*, et le motif de son

application. Nous prenons un verre d'eau, et nous y jetons un peu de gravier. Ce gravier gagne aussitôt le fond, et il y reste malgré que nous agitions assez fortement l'eau. Nous fermons le dessus du verre, et nous le renversons à plusieurs reprises, de façon à mélanger complètement l'eau et le gravier; mais, aussitôt que nous cessons de le faire et que nous replaçons le verre sur la table, nous voyons le gravier se déposer et former une couche au fond. Cette couche est un *sédiment de gravier.*

Au lieu de gravier, nous jetons du sable dans l'eau, que nous agitons comme auparavant. Nous les mélangeons si intimement qu'après quelques instants de repos l'eau semble encore tout à fait trouble. Peu de minutes après, cependant, le sable se réunit en une couche au fond de l'eau. Cette couche est un sédiment de sable.

Nous prenons cette fois un peu de limon ou d'argile, au lieu de sable ou de gravier. Longtemps après que le verre est replacé sur la table, l'eau continue à rester trouble. Elle garde cette coloration plusieurs heures; mais à la fin un léger dépôt fait son apparition sur le fond. Si on laisse le verre assez longtemps en repos, le dépôt gros-

sira, jusqu'à ce que l'eau soit redevenue complètement claire. Dans ce cas, la couche est un *sédiment de limon.*

Le sédiment est donc une chose qui, tenue en suspension ou transportée par l'eau, finit par se déposer au fond de celle-ci. Plus le sédiment est grossier et lourd, plus vite il se dépose ; quand au contraire il est très fin, il peut rester fort longtemps en suspension dans l'eau.

Les roches sédimentaires seront donc celles qui ont été formées par les sédiments, et, comme ces derniers diffèrent entre eux par la grosseur de leurs éléments, il en sera de même des roches qu'ils servent à former.

Voici trois morceaux de roches sédimentaires :

1° Un morceau de *conglomérat* ou poudingue fig. 4) ;

2° Le morceau de grès que vous avez déjà examiné (fig. 1) ;

3° Un morceau de schiste (fig. 5).

En étudiant le premier de ces trois spécimens, vous verrez qu'il est fait de petites pierres arrondies, fortement cimentées ensemble.

Si ces pierres rondes étaient séparées les unes

des autres et jetées en tas, vous les prendriez pour du gravier. La roche n'est évidemment rien autre chose qu'un gravier durci, comme celui



Fig. 4. — Morceau de conglomérat ou poudingue.

que vous ramassez au bord de la mer ou dans le lit d'un torrent. On l'appelle parfois poudin-

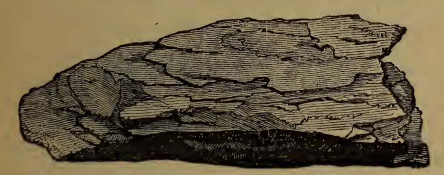


Fig. 5. — Morceau de schiste.

gue, parce que les pierres y sont quelque peu disposées comme les fruits dans un plum-pudding.

Reprenez le morceau de grès pour l'examiner plus attentivement. Connaissez-vous quelque chose qui ressemble aux grains dont il est fait? Ce sont, répondez-vous, de simples grains de sable comme ceux que vous trouvez partout, et vous avez parfaitement raison. Le grès n'est autre chose que du sable assez compact pour former une pierre. Vous pourriez, sur le bord de la mer, ou dans le lit d'un ruisseau ou d'une rivière, ramasser de ce même sable et, en le comprimant en masse compacte, en faire du grès.

Dans le troisième échantillon, vous ne pouvez aussi facilement vous rendre compte de la nature des grains, à cause de leur extrême finesse. Grattez avec un couteau l'une des arêtes de la pierre, et triturez avec un peu d'eau la poudre ainsi détachée. Vous formerez de la sorte une espèce de pâte que vous jetterez dans un bol d'eau en agitant vivement. Immédiatement, l'eau se trouble et demeure en cet état pendant quelque temps. Laissez le verre en repos quelques heures, et vous verrez que l'eau est redevenue claire et que la pâte que vous y avez jetée s'est déposée au fond du verre en une couche de sédiment qui n'est autre que du limon. Le schiste est donc

tout simplement une pierre formée par un sédiment fin et boueux, comme le conglomérat est formé par un sédiment de gravier grossier.

Vous voyez par là que le terme des roches sédimentaires est très étendu, puisqu'il comprend des roches formées par toute espèce de sédiments fins ou gros.

Nous avons pour chacun de nos trois spécimens deux choses à découvrir : d'abord comment s'est formé le sédiment qui les compose, et ensuite comment ce sédiment s'est aggloméré et durci en une pierre solide.

II. — Origine du gravier, du sable et du limon.

Vous avez fait le premier pas dans l'étude des roches sédimentaires : vous savez maintenant qu'elles sont faites de sédiment de gravier, de sable et de limon. Il faut trouver maintenant d'où est venu ce sédiment et comment il fut formé. Ce point éclairci, vous connaîtrez en grande partie l'histoire de ces roches. Au début de cette recherche, comme de beaucoup d'au

tres, vous pouvez utilement vous poser cette question : Se passe-t-il aujourd'hui quelque chose qui puisse nous mettre sur la voie de ce que nous cherchons? En vous basant directement sur l'observation des faits présents, vous serez beaucoup mieux à même de saisir les faits passés. Comment donc le gravier, le sable et le limon se forment-ils de nos jours?

Un peu d'attention vous montrera qu'entre le gravier et le sable il n'y a qu'une différence de grosseur. Dans le premier, les pierres sont volumineuses; dans le second, ce sont de simples grains. Pour mieux saisir ce fait, placez un peu de sable sous un fort verre grossissant; les grains alors, considérablement agrandis, ressembleront plutôt à du gravier qu'à du sable. Chacun d'eux apparaît comme une pierre usée et arrondie, offrant des creux et des aspérités, exactement comme le caillou que nous ramassons sur un tas de gravier. Plus vous prolongerez cet examen, plus vous serez convaincu en somme que le sable et le gravier ne sont que des états différents de la même matière, avec cette seule différence que l'un est plus grossier que l'autre.

Si vous exerciez vos recherches sur le rivage

de la mer ou sur les bords d'une rivière, vous pourriez prouver non moins facilement que le sable et le gravier ne diffèrent que par la grosseur de leurs grains. Vous y rencontrez en effet du sable fin, puis du sable aux grains un peu plus gros, et enfin du véritable gravier dont les pierres vont toujours croissant, depuis le volume d'une noisette jusqu'à celui de votre propre tête. Comment tous ces fragments, petits ou gros, ont-ils été de la sorte brisés, usés et polis et sont-ils venus s'accumuler aux endroits où nous les trouvons?

Gagnons le sommet des collines, et examinons ce qui se passe au début du cours d'un ruisseau. Quand les roches sont dures et résistantes, elles se dressent sur le versant des collines en blocs et en aiguilles le long desquelles les petits ruisseaux sautent d'arête en arête jusqu'au moment où ils se réunissent en un cours d'eau plus fort au fond de la vallée. Voyez comme ces rochers sont fendillés et désagrégés par la pluie et la gelée. Vous connaissez déjà la façon dont les choses se passent (*Géographie physique*, chap. IV); mais nous étudierons d'un peu plus près quelques-uns des résultats de cette décomposition.

Supposons, pour plus de clarté, que nous distinguions spécialement quelque rocher, dont la couleur brillante, rouge par exemple, diffère sous ce rapport de tous les autres qui l'entourent. Il s'élève hardiment sur la pente rapide d'une colline et domine une longue pente au bas de laquelle le petit ruisseau semble un ruban d'argent se déroulant dans les prés verts. Dans le cours des temps, notre rocher a subi bien des dégâts. Pendant des siècles, la pluie et la gelée ont creusé dans ses flancs des crevasses et des cavités profondes. Celles-ci, quand vient la saison des pluies, servent de lit à des torrents écumants qui roulent le long des pentes et emportent toute parcelle de pierre ou de terre qui se trouve à leur portée.

Si, après avoir escaladé le rocher avec précaution pour jeter un coup d'œil dans ces cavités creusées par la gelée et balayées par les eaux, nous regagnons la base, nous voyons qu'au-dessous d'elle le sol est semé de morceaux de roche dont quelques-uns sont de gros blocs, mais qui se présentent surtout sous forme de décombres qui glissent derrière nous le long de la pente, tandis que nous la descendons à grandes enjambées.

Chacune des crevasses profondes ainsi creusées dans le rocher a au-dessous d'elle une longue traînée de ces décombres. Vous ne pouvez douter un seul instant que toutes ces matières éparses ne fissent autrefois partie du rocher lui-même et qu'en fait elles ne soient simplement le produit de la destruction des parois et du fond des crevasses. En les rassemblant à l'endroit qu'elles occupaient primitivement, vous combleriez ces crevasses.

La pente de la colline nous conduit à un petit ruisseau dont le lit est couvert de morceaux de notre rocher. Les fragments rougeâtres sont facilement reconnaissables au milieu de la masse grise des débris venus d'ailleurs. En descendant le versant, vous avez pu remarquer que les morceaux de pierre qui le couvraient étaient tous de forme plus ou moins angulaire, avec arêtes vives. Ceux du ruisseau ne sont ni aussi rudes ni aussi aigus. Si vous descendez une partie du cours d'eau, vous n'y trouverez plus d'aussi gros fragments, et ceux que vous y verrez seront plus polis, plus arrondis qu'au pied du rocher. Leurs angles se sont émoussés, et beaucoup d'entre eux sont presque ronds. En jetant un nouveau coup

d'œil plus bas encore dans la vallée, aux endroits où le ruisseau a déposé un banc de gravier, vous verrez que les morceaux de notre roche rouge ont été si bien usés qu'ils ne se distinguent plus du gravier ordinaire.

En suivant plus loin encore le cours du ruisseau, vous constaterez que le gravier, devenu de plus en plus fin, se transforme en sable. Ce sable, placé sous un verre grossisant, vous montrera, au milieu d'autres, les grains plus ou moins arrondis de cette même pierre rouge détachée de notre rocher.

Pourquoi les pierres s'usent-elles ainsi ? Pourquoi leur séjour dans le fond d'une eau courante diminue-t-il leur volume?

Si vous examinez le cours d'eau quand il fait beau, quand l'eau est basse et le courant faible, il vous sera difficile d'en apprécier la force réelle. Retournez-y quand des pluies abondantes ont rempli chaque creux des collines d'un torrent écumeux, quand chaque ruisseau qui se précipite le long des flancs de la vallée vient remplir son lit jusqu'au bord et déborde même des deux côtés. Vous ne voyez plus les pierres du fond, mais en écoutant bien vous pouvez les

entendre. Ce cliquetis strident qui monte parfois des eaux a pour cause le choc des pierres les unes contre les autres. Elles ne cessent de se triturer, comme dans un moulin. A ce jeu, elles doivent nécessairement se polir et se débarrasser de leurs arêtes, tandis qu'en même temps



Fig. 6. — Pierres détachées d'un rocher par la pluie, la gelée, etc., et lancées dans un ruisseau.

elles usent et polissent les roches du lit dans lequel elles sont emportées.

Au moment où les pierres se détachent, où elles sont balayées dans le ruisseau, ce ne sont, comme vous l'avez vu, que des éclats aux angles aigus (fig. 6). Après un certain parcours, elles perdent leurs aspérités, s'arrondissent progressivement et finissent par prendre l'aspect du gravier (fig. 7). Ainsi arrondies, elles avancent

plus loin et plus vite qu'une pierre angulaire, mais elles se réduisent à la fin en sable.

Nous voyons par là que, tout en s'arrondissant, les pierres deviennent plus petites. Non seulement elles s'usent les unes les autres, elles attaquent aussi les parois et le fond où elles roulent.



Fig. 7. — Pierres du même rocher, après avoir été roulées dans le lit du ruisseau.

Une grande quantité de pierre s'use de la sorte, et ses débris servent à former le gravier, le sable et le limon. Dans le lit de chaque cours d'eau, on trouve en abondance ces matières, qui proviennent de l'usure des pierres par le courant.

Les particules les plus fines, se mouvant plus facilement, voyagent beaucoup plus loin que les morceaux plus gros (fig. 8).

Pendant que le gravier et le gros sable roulent sur le fond, le sable fin et le limon restent en suspension dans l'eau et peuvent être trans-

portés à de longues distances avant de se dé-

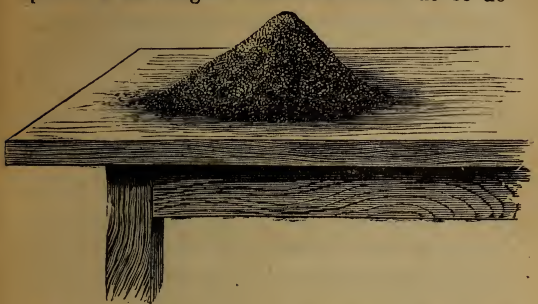


Fig. 8. — Tas de sable formé de fragments du même rocher recueillis dans le ruisseau.

poser sur le fond, où ils forment un dépôt de boue ou d'argile.



Fig. 9. — Verre d'eau puisé dans le ruisseau grossi. Les parcelles fines, détachées des mêmes pierres, forment au fond une couche de limon.

Ainsi donc, tandis que le lit des ruisseaux, dans les parties hautes d'un pays, est encombré de

gros blocs de rochers et d'une quantité de débris grossiers et anguleux, tous ces matériaux s'usent peu à peu et arrivent aux terres basses ou à la mer sous forme de sable fin et de limon. Ce transport par les ruisseaux est incessant, mais toujours les roches, en se désagrégeant, leur fournissent des débris nouveaux. Il en résulte que la quantité de sable et de gravier usée chaque année par les cours d'eau relativement petits de notre pays doit être énorme (Voy. *Géographie physique*).

Nous pouvons maintenant regagner, avec plus d'intérêt, le pied de notre rocher rouge. Chaque crevasse, chaque cavité qui s'y est creusée témoigne de la destruction générale que subit la surface de la terre. Nous pouvons suivre ses débris jusqu'au ruisseau voisin, qui les triture et les amène enfin sous forme de boue fine jusqu'à des plaines éloignées et de là au fond de l'Océan.

Vous pouvez étudier ailleurs encore cette transformation des roches les plus dures en sable et en gravier. Etudiez sur un point quelconque des côtes rocheuses de ce pays les effets des vagues de la mer. Lorsqu'un rocher s'élève sur le rivage, vous pouvez distinguer aussitôt les parties expo-

sées à l'effort des vagues et celles qui sont hors de leur atteinte. Le haut du rocher, qui subit simplement l'action de la pluie, de la gelée ou des sources, est irrégulier et anguleux; la base est au contraire usée et polie comme les pierres que nous avons vues dans le lit du ruisseau de la montagne. Qui donc a pu polir ainsi la base de la falaise et laisser au sommet toutes ses aspérités? Les vagues.

De grandes tranches de la falaise rongée par le temps se sont détachées et sont tombées sur le rivage. D'autres sont prêtes à les suivre. Examinez ces blocs tombés, et vous verrez qu'ordinairement il n'y a que ceux qui se trouvent au pied de la falaise et qui n'ont pas encore été remués par les vagues qui conservent leurs arêtes vives. Un peu plus bas, les blocs montrent des signes d'usure, et la plus grande partie de la plage est couverte de pierres de toute dimension, rondes et polies.

Les jours de calme, quand on ne voit que de petites vagues mourir sur le rivage, on ne peut facilement juger le travail qu'exécute la mer au détriment des falaises, de même que l'on ne peut se faire une idée juste du travail d'un ruisseau

quand on le voit parcourir paresseusement son lit en temps de sécheresse. Placez-vous au contraire près d'une falaise pendant une tempête, et vous apprécierez aisément le pouvoir destructeur des vagues même sur les roches les plus dures. Chacune des grosses vagues dont les remous écumants remontent le rivage soulève les pierres qui s'y trouvent et les lance contre la base de la falaise, où elle se réduit en embrun. Quand l'eau bouillonnante recule pour faire place à une autre vague, vous pouvez entendre souvent à plusieurs milles de distance le grondement sourd du gravier, dont les pierres s'entrechoquent en descendant la plage et sont bientôt ressaisies et lancées de nouveau contre la falaise. Vous ne pourriez imaginer une meule plus puissante pour broyer les roches et transformer leurs fragments en gravier fin et en sable. De même que dans le lit de chaque ruisseau, vous pouvez trouver sur tout littoral des fragments de roche à tous les degrés de destruction, depuis le gros bloc anguleux jusqu'au sable et au limon le plus fin.

Si je répète ma question : Comment se forment le sable et le gravier ? vous répondrez aussitôt : « Le sable et le gravier font partie des

matières qui se détachent de la surface de la terre et sont ensuite broyées par les eaux en mouvement. » L'eau ne les détache pas ; tout ce qu'elle fait est de les tenir en mouvement et de les user les unes contre les autres.

III. — Formation des roches sédimentaires.

Nous savons maintenant d'où dérivent les matières qui constituent les roches sédimentaires; mais il reste une question à résoudre : Comment ces matières se sont-elles groupées, se sont-elles durcies en une pierre solide? Comme toujours, nous trouverons la réponse à cette question dans ce qui se passe autour de nous. En revenant à nos ruisseaux, aux rivières et à la mer, nous y trouverons l'explication claire du problème.

L'eau coule plus vite sur une pente rapide que sur une pente douce. Si vous inclinez un plateau couvert d'eau celle-ci gagne l'extrémité inférieure, et cela d'autant plus vite que vous faites l'inclinaison plus grande.

Si vous posez sur le plateau des miettes ou de la grenaille de différentes grosseurs, vous remar-

querez qu'elle est plus vite emportée par un courant rapide que par un lent, à cause de la force d'entraînement plus grande que possède le premier. De là, comme vous le verrez bientôt, de grandes différences dans la grosseur et le poids des matières que des cours d'eau différents, ou des parties différentes d'un même cours d'eau, peuvent transporter.

Aussi longtemps qu'un courant se meut rapidement, il empêche le gravier, le sable et le limon de se déposer au fond. Vous vous rappelez qu'en agitant violemment l'eau d'un verre qui renfermait de ces matières, elles restaient en suspension et ne gagnaient le fond, le gravier d'abord, puis le sable et le limon, qu'après la cessation de tout mouvement. Ce même fait a lieu dans toutes les eaux courantes du globe. Un courant rapide emporte non seulement le limon et le sable, mais aussi le gravier. A mesure que diminue sa rapidité, ce dernier tombe au fond sous forme de sédiment, le sable se dépose plus lentement et est emporté plus loin ; le limon enfin reste longtemps en suspension, parcourt des distances beaucoup plus grandes et ne gagne le fond qu'avec une extrême lenteur.

Vous pourrez vérifier ces affirmations la première fois que vous aurez l'occasion d'examiner le lit rocailleux d'un ruisseau qui s'échappe des montagnes. Gagnez un point où l'eau, franchissant avec rapidité les arêtes et les roches, possède assez de force pour entraîner avec elle d'assez gros blocs de pierre. Un peu plus bas, le lit du cours d'eau sera moins incliné et le courant sera moins fort. Jetez-y un coup d'œil. Le fond est-il couvert de limon? Assurément non. Vous n'y rencontrez que de gros blocs de pierre et du gravier grossier qui s'est déposé aussitôt que l'eau a perdu de sa force en passant sur un lit moins incliné. Elle en possède encore assez cependant pour transporter les sédiments plus fins. Il vous faut arriver aux terres basses pour voir le lit du cours d'eau couvert de sable, et vous avancer bien loin dans les plaines pour y trouver des couches de limon.

Après avoir vu ces choses de vos propres yeux, vous serez convaincu que la présence de masses de gravier est l'indice de courants rapides, que des lits de sable témoignent de courants plus lents, et enfin que des couches de limon indiquent les endroits où l'eau n'avait qu'un courant

si faible que le sédiment fin a pu se déposer tranquillement sur le fond.

Cette notion vous aidera beaucoup dans vos recherches sur l'origine des différentes pierres. Si vous avez compris comment sont formées les diverses espèces de sédiment, vous êtes bien près de connaître le mode de création des roches sédimentaires. Ces roches peuvent être aussi dures que possible, servir au pavage des rues ou à la construction des maisons; vous savez que leur degré de dureté importe peu et que vous ne devez vous inquiéter que des éléments dont elles sont faites. Quand ces éléments sont des grains de limon, de sable ou de gravier usés par l'eau, vous affirmez avec confiance que, si dure que soit maintenant la pierre, elle s'est trouvée autrefois sous les eaux à l'état de simple sédiment.

Vous pouvez affirmer plus encore. En voyant l'espèce de sédiment dont une roche est faite, vous pouvez connaître la nature de l'eau où se sont déposés les éléments de cette roche. Ainsi, en voyant qu'un conglomérat n'est qu'une masse de gravier compact, vous pouvez être certain que, comme le gravier ordinaire de nos jours, il a été roulé dans les eaux peu profondes d'un

lac, d'une rivière ou du bord de la mer. De même, vous pouvez trouver dans une roche formée de dépôts très fins, comme l'argile schisteuse, les preuves que l'eau où furent transportées les particules détachées de la terre était plus profonde ou plus tranquille.

Nous avons vu comment les sédiments sont travaillés par les ruisseaux, les rivières ou les vagues ; suivons-les maintenant jusqu'à l'endroit où ils peuvent s'accumuler sans être constamment balayés.

Nous avons déjà dit quelques mots de ce que deviennent les matières détachées de la surface de la terre (Voy. *Géographie physique*). Vous savez qu'elles sont entraînées par la pluie jusqu'aux ruisseaux et aux rivières qui les usent et finissent par les déposer sous forme de sable fin ou de limon au fond de la mer.

Ces dépôts de sédiment sous-marins deviendront peu à peu des bancs de pierre dure comme les roches sédimentaires ordinaires que nous avons examinées dans ces leçons. Vous ne pouvez voir ce qui se passe sous la mer, mais vous pouvez vous en faire quelque idée en étudiant ce qui a lieu dans une mare quelconque.

Supposons une rue, un chemin boueux, dont la pente douce aboutisse à un terrain de niveau sur lequel, en temps de pluie, les eaux viennent se réunir en mares. Suivons, un jour de pluie, le cours d'un des ruisseaux, qui emporte avec lui du sable, du gravier, des morceaux de liège, des brindilles, du papier, enfin tout ce qui se trouve sur sa route. Arrêtons-nous devant une grande mare qui s'est formée sur le chemin et dans laquelle le courant d'eau boueuse vient se déverser. Tant que l'eau coule rapidement, elle entraîne le sable et le gravier; mais voyons ce qui arrive quand elle perd sa vitesse en coulant sur le plateau où se trouve la mare. Elle perd en même temps sa force d'entraînement et doit laisser en arrière une partie de sa charge de sédiment. Les particules les plus lourdes gagnent le fond les premières, et cela juste à l'endroit où le courant rencontre le niveau de la mare. Voyez ce qui en résulte. Ce point finit par se combler, à l'exception du chenal que se réserve le courant. Vous voyez cette langue de sédiment s'avancer sur l'eau et remplir, si la pluie dure assez longtemps, la mare tout entière. Le sable grossier se dépose seul en cet endroit; le limon

traverse la mare, et, bien qu'une partie se dépose au fond, il gagne presque tout entier l'extrémité opposée, parce que l'eau, dans son parcours, n'a pas eu le temps de se débarrasser de sa charge.

Supposons encore que, la pluie ayant cessé, aucune roue de voiture, aucun intrus ne vienne troubler notre mare, et que l'eau puisse tranquillement s'infiltrer dans le sol et s'évaporer en laissant après un jour ou deux la cavité entièrement à sec. Il vous est maintenant facile d'examiner le fond et de voir exactement ce qui se passait quand l'eau boueuse le couvrait. Voici à l'extrémité supérieure la langue de sable projetée du rivage par le courant. C'est un vrai delta (Voy. *Géographie physique*). Tout le reste de l'espace qu'occupaient les eaux est couvert de boue ou de sable fin.

Nous détachons soigneusement avec un couteau une tranche de ces dépôts pour connaître leur composition du sommet à la base. Une coupure de ce genre s'appelle une SECTION et peut être de toute grandeur. La rive escarpée d'un ruisseau, les parois d'un ravin, d'une carrière ou d'une tranchée de chemin de fer, une ligne de

falaises sont toutes sections de roche. Voyons ce que va nous apprendre la nôtre.

Au centre du petit bassin, le sédiment apporté par la pluie s'est accumulé sur une épaisseur d'un pouce, par exemple, au-dessus de la surface ordinaire du chemin. Quel est le caractère qui vous frappe tout d'abord dans l'aspect de cette section ? Les matières sont-elles disposées sans ordre aucun ? Nullement. La section peut se représenter par le dessin suivant (fig. 10). Les matières se sont déposées en couches, horizontalement les unes sur les autres. Certaines de ces couches sont plus fines, d'autres plus grossières que le reste ; mais, fines ou grosses, elles offrent le même arrangement général en lignes horizontales.

En les examinant, vous pourrez vous représenter exactement comment chacune d'elles s'est déposée. Le sédiment grossi se voit surtout au fond et marque les endroits où les courants les plus forts emportaient à travers la mare le sable et les morceaux de pierre. La pluie diminuant, les filets d'eau sur la route devinrent plus petits, et les courants, plus faibles, ne déposèrent plus que de la boue fine au lieu de gros sable. De là

une plus grande finesse des couches supérieures.

Mêlés au sable, au gravier et au limon, vous découvrez des morceaux de bois, des feuilles et des ramilles qui se sont déposés avec les couches de sédiment.

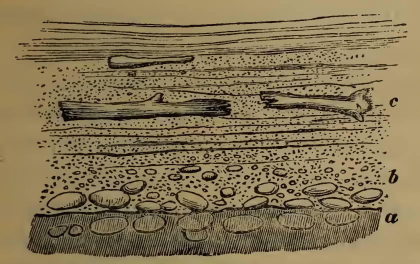


Fig. 10. — Section dans le sédiment amené par la pluie dans le creux d'une route. — *a*, surface de la route. — *b*, couches de gros sable avec des fragments de charbon et de cendres. — *c*, couches contenant des brindilles, de la paille, des feuilles, du papier, etc.

Mais, direz-vous peut-être, de telles observations sont insignifiantes, et peu nous importe ce que fait la pluie dans une ornière de grande route, puisque nous ne pouvons juger du monde en général par ce qui se passe sur une si petite échelle. En réalité, cependant, si vous comprenez bien ce qui a lieu dans cette mare, si insignifiante que la chose puisse paraître, vous avez tous les élé-

ments nécessaires pour bien saisir comment les roches sédimentaires ont été formées sur toute la surface du globe.

Au lieu d'une mare, représentez-vous un grand lac, comme celui de Genève, et, au lieu d'une petite rigole formée par une pluie soudaine et disparaissant avec elle, figurez-vous un grand fleuve comme le Rhône, alimenté sans cesse par les pluies, par les neiges et les sources d'une grande chaîne de montagnes. Si grande que soit l'échelle sur laquelle le travail s'accomplit, ce travail reste le même que dans la flaque d'eau. Vous considérez avec étonnement le fleuve rapide, roulant ses eaux troublées, agitées et écumantes d'un bord à l'autre. Vous le voyez entrer dans le lac, où ses flots s'apaisent un à un, jusqu'à ce que toute sa masse tumultueuse se soit perdue dans les eaux tranquilles et silencieuses du lac bleu et profond.

Gravissez cependant une des montagnes qui s'élèvent en pente rapide aux deux côtés de l'extrémité supérieure du lac de Genève. Parvenu à quelques centaines de pieds, retournez-vous et jetez les yeux sur le lac et sur le fleuve. Ne vous rappellent-ils pas vivement notre rigole

et notre mare? Le fond de la vallée s'étale devant vous comme sur une carte; vous pouvez embrasser d'un coup d'œil, réduits par la distance, les ondulations du fleuve, les vertes prairies courant le long du lac, les cottages et les hameaux, les sinuosités des routes. Cette langue verte de prairies qui remplissent l'extrémité supérieure du lac et bordent le fleuve est un delta. Il s'est formé de la même façon que le petit delta de la mare, avec cette différence qu'au lieu d'heures il a fallu des milliers d'années pour sa formation. A un mille et demi environ du bord du lac, un petit hameau situé dans la plaine se trouvait, il y a quelque dix-huit cents ans, sur la rive, et s'appelle encore aujourd'hui Port-Valais. Le fleuve a donc avancé son delta et rempli le lac sur un espace d'un mille et demi depuis l'époque romaine.

Du point élevé qui domine la tête du lac, vous pouvez voir un autre fait curieux relatif au dépôt de sédiment. Le Rhône est très boueux, et, comme ici la boue est de couleur blanche, l'aspect laiteux qu'elle communique aux eaux vous permet de suivre le cours du fleuve à travers le lac bleu et limpide. Vous pouvez voir des hauteurs le cou-

rant blanchâtre jusqu'au moment où il finit par se perdre en se mélangeant aux eaux du lac.

Gagnez maintenant l'extrémité inférieure du lac et le point où l'eau s'échappe. Voyez-vous encore de la boue? Non; vos yeux n'ont jamais vu d'eau plus claire, plus limpide, plus bleue que celle qui fuit et s'agite le long des quais et sous les ponts de Genève. Qu'est devenu ce nuage de boue pâle apporté par le fleuve à son entrée dans le lac? Il s'est entièrement déposé au fond. Les jours, les années, les siècles se passent; le nuage est toujours là, descendant à travers l'eau jusqu'au fond et renouvelé sans cesse par le fleuve.

Si vous pouviez épuiser toute l'eau du lac, vous trouveriez son fond couvert de dépôts de sédiments, s'étendant cette fois non plus sur quelques pieds carrés comme dans la mare du chemin, mais sur plusieurs milles. Le sédiment le plus gros, les galets et le gravier, se rencontreraient à l'entrée du lac, où le courant est le plus fort, tandis que les sédiments plus fins, le sable et le limon couvriraient la plus grande partie du fond.

Si vous creusiez un trou à travers ces dépôts,

vous leur trouveriez par places une épaisseur supérieure peut-être à cent pieds, en constatant partout cet arrangement en couches horizontales que nous observâmes dans la mare. Le sable, le limon et le gravier se succéderaient du fond au sommet, mais toujours en lits ou couches disposées les unes sur les autres.

Le lac de Genève est des milliers de fois plus grand que notre flaque d'eau ; il n'est pourtant qu'une mare, et une très petite, comparé à l'Océan. Rendez-vous au bord de la mer, à l'embouchure d'un grand fleuve, et vous verrez que les proportions ne changent pas la nature de l'œuvre exécutée par le fleuve et par la mer; c'est bien le même travail que vous avez eu déjà l'occasion d'observer. Vous voyez que le fleuve transporte continuellement dans la mer d'énormes quantités de sable et de limon. Vous pouvez suivre ses eaux boueuses jusqu'à une certaine distance du rivage et, jusqu'au moment où, la boue qu'il charrie ayant gagné le fond, il se confond avec les eaux de l'Océan. Vous savez que par ce moyen le fond de la mer, jusqu'à une grande distance de la côte, reçoit constamment de nouveaux dépôts de sable et de boue déta-

chés de la terre. L'extrémité supérieure de ces dépôts reste à découvert à marée basse. Si vous y creusez un trou, vous reconnaissez la même disposition par couches que vous avez vue partout.

Vous acquérez peu à peu cette conviction que le caractère principal des dépôts de sédiments qui se forment sous les eaux est cette superposition en couches régulières qui les distingue de simples amas. Ce genre d'arrangement s'appelle

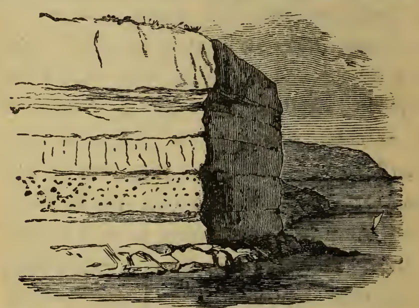


Fig. 11. — Stratification de roches sédimentaires : *a*, conglomérat ; *b*, grès ; *c*, schiste.

STRATIFICATION, et les sédiments ainsi disposés sont dits STRATIFIÉS. Ce caractère est si général chez les roches sédimentaires qu'on leur donne souvent aussi le nom de ROCHES STRATIFIÉES.

Les lits de sable, de gravier ou de limon qu'on peut voir au bord de la mer, d'un lac ou d'un étang, sont des matières libres, désagrégées. Le grès, le conglomérat, le schiste ou toute autre roche sédimentaire sont d'ordinaire plus ou moins durs ou compacts. Comment expliquer cette différence ? Vous êtes parfaitement sûr qu'en dépit de leur fermeté ces roches n'étaient autrefois qu'un simple sédiment formé sous l'eau, comme ceux qui s'y déposent encore tous les jours ; mais comment se sont-elles transformées en pierre dure ?

Si vous placez sous un poids une certaine quantité de limon, de façon à en exprimer l'eau, vous constaterez qu'il devient plus ferme : vous le durcirez par la *pression*. De plus, si vous jetez un peu de sable dans une eau saturée de chaux, de fer ou de quelque autre minéral soluble dans l'eau, vous remarquerez qu'en s'évaporant l'eau abandonne la matière dissoute qui vient envelopper et relier les grains de sable. En continuant assez longtemps l'opération, en remplaçant l'eau enlevée par l'évaporation, vous convertiriez le sable sans consistance en une pierre solide. Dans ce cas, le durcissement du

sédiment est dû à ce qu'on appelle l'*infiltration.*

La plupart des roches sédimentaires doivent à l'un ou l'autre de ces procédés, parfois à tous les deux, leur structure actuelle. Quand le sable et le limon sont entassés en lits ou en couches puissantes, sur une profondeur de centaines ou de milliers de pieds, les couches du fond, qui supportent un poids énorme, acquièrent une dureté beaucoup plus grande que celles du sommet. Outre cela, l'eau s'infiltre toujours dans les pores et les fissures des roches, tantôt dissolvant, tantôt déposant des matières minérales, et elle aide ainsi à cimenter les uns aux autres les grains de la plupart de ces roches.

Si je vous demandais maintenant ce que c'est qu'une roche sédimentaire ordinaire, vous me répondriez aussitôt : « Une roche sédimentaire est formée par le sédiment provenant de la destruction de roches plus anciennes et déposé sous les eaux. Elle offre d'ordinaire la stratification caractéristique des dépôts formés par l'eau. Depuis sa formation originelle, elle s'est transformée en pierre dure par pression ou par infiltration. »

IV. — Les fossiles.

Bien que les matériaux des roches sédimentaires soient le gravier, le sable ou le limon, elles contiennent souvent aussi d'autres choses tout aussi intéressantes et importantes. Voici

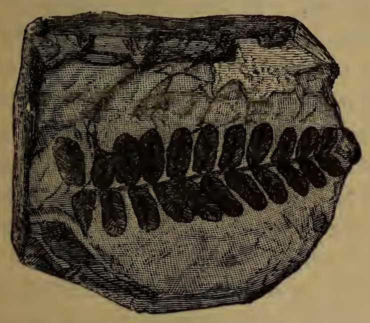


Fig. 12. — Morceau de schiste portant un fragment de fougère.

par exemple deux plaques de schiste (fig. 12 et 13) dans lesquelles vous pouvez voir certains objets très différents du sédiment ordinaire qui constitue la pierre. Rendons-nous compte de ce que sont ces objets et de la façon dont ils ont été incrustés dans la pierre.

Commençons par l'échantillon de la figure 12. La pierre elle-même n'est qu'un fragment de schiste commun, formé des mêmes matières et stratifié de la même façon que notre premier spécimen de cette roche.

Quel est donc cet objet noir couché sur la face supérieure de la pierre? Vous voyez immédiatement qu'il a la forme d'une plante et que cette plante semble faire partie de la tribu des fougères. Examinez-la plus attentivement, suivez le réseau délicat des feuilles, et vous serez convaincu, bien qu'elle ait perdu sa souplesse et sa fraîcheur, que ce fut autrefois une fougère vivante. Elle s'est changée en une substance noire qui, en l'étudiant attentivement, ressemble à de la houille. De petits fragments, des couches minces de cette même substance charbonneuse peuvent se rencontrer dans le morceau de schiste. Si vous placez un peu de cette substance sur la pointe d'un couteau pour l'exposer au feu, la matière noire brûlera, tandis que les grains de sable ou d'argile resteront intacts. Ces fragments et ces couches ne sont évidemment que les feuilles et les débris de différentes plantes englobées en même temps que la fou-

gère plus grande et mieux conservée. Comment ces plantes ont-elles pu se loger au cœur d'une pierre solide ?

Pour le comprendre, nous devons revenir encore à ce que la nature exécute de nos jours. Vous vous rappelez que le courant d'eau, en descendant la pente du chemin, entraînait parfois des fétus de paille, du bois, du papier, ou tout autre objet à sa portée. De ces objets, les uns se perdaient dans l'égout le plus proche, d'autres se déposaient au fond de notre petite mare. Jetez de nouveau les yeux sur la section que nous y pratiquâmes (fig. 10), et vous trouverez de petits éclats de bois, de la paille, des brins de gazon au milieu du sable fin et de la boue laissée par la pluie. Ces objets sont couchés à plat entre les couches minces de sédiment, dans la position même qu'ils occupaient en arrivant au fond. La pluie peut donc entraîner des feuilles ou d'autres parties de plantes et les déposer dans une mare, où elles se stratifient avec le limon, où elles s'interposent en d'autres termes entre ses couches et sont recouvertes par elles.

Voyez encore ce qui se passe le long des rives

ou à l'embouchure d'un fleuve : les feuilles, les branches et les autres objets emportés par le courant finissent par tomber au fond, où ils s'incrustent et sont peu à peu recouverts par l'accumulation croissante du sable et du limon. En creusant dans l'eau de ces dépôts voisins du bord, on peut trouver des lits de feuilles et de brindilles stratifiés de la même façon que le sédiment qui les enveloppe. Ces dépôts de végétaux flottés forment souvent une part importante des accumulations qui constituent le delta d'un fleuve.

Il doit arriver continuellement qu'avant d'être assez saturés d'eau pour s'enfoncer, les feuilles, les branches ou les troncs d'arbre soient emportés jusqu'à la mer. Ces débris peuvent alors flotter à de longues distances du rivage avant de tomber au fond et d'être entassés dans le limon et dans le sable. Ainsi donc, soit dans le lit des fleuves, soit au fond des lacs ou de la mer, les restes des plantes terrestres tombent constamment au milieu des dépôts sédimentaires en voie de formation.

Vous comprenez maintenant comment il est possible que des branches de fougères ou de

toute autre plante terrestre puissent se rencontrer au cœur d'une pierre solide comme notre morceau de schiste. La pierre n'était d'abord qu'un sédiment déposé sous l'eau, et les plantes fragmentaires, entraînées loin de l'endroit où elles croissaient, finirent par s'enterrer dans ce sédiment. A mesure que le limon acquérait la dureté du schiste, la substance de la plante s'altérait et se transformait en houille. Vous verrez plus loin que la houille est composée de végétaux qui, ensevelis autrefois sous de grandes masses de sédiment, ont pris peu à peu l'aspect de cette substance noire et luisante que nous connaissons tous.

Ce ne sont pas seulement des plantes que l'on trouve encastrées dans les roches sédimentaires. Voici par exemple (fig. 13) un morceau de schiste où l'on remarque un grand nombre de coquilles et d'autres restes d'animaux, principalement de *trilobites*, petites créatures marines appartenant à la même famille que le crabe commun et le homard. Inutile de vous dire comment ils y sont venus. Vous savez que tout ce qui se trouve au fond de la mer ou d'un lac sera recouvert par le sédiment. Les restes

de coquillages, de coraux, de poissons ou de tout autre animal vivant dans l'eau, tombent au fond à la mort de cet animal et viennent s'incruster dans les dépôts de limon ou d'autre matière qui se forment en cet endroit. C'est évidemment de cette façon que les coquilles

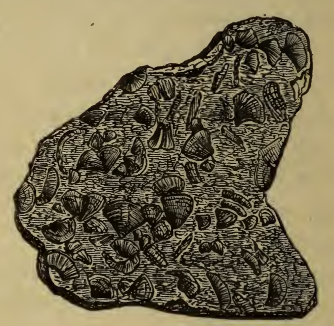


Fig. 13. — Morceau de schiste portant des restes d'animaux.

et les coraux de notre morceau de schiste furent préservés.

Avez-vous jamais regardé les petites mares d'eau de mer laissées sur une plage rocheuse après le reflux? Comme elles sont pleines de vie! Ce ne sont que touffes de varech, groupes d'anémones de mer aux brillantes couleurs, mollusques

attachés aux parois, et vous apercevez tout au fond de petits crabes qui veulent se dérober à votre vue, en compagnie d'une foule d'autres êtres marins dont vous ignorez les noms. Avec un peu d'attention, vous observez que certaines coquilles du fond sont vides, leurs habitants étant morts, et qu'à côté d'elles se trouvent également les restes d'autres animaux.

Vous ne devez pas supposer que le fond de la mer est identiquement le même que le fond d'une de ces mares de la plage. Les plantes et les animaux de ces mares sont ceux qui vivent près du rivage ou dans les parties peu profondes de la mer ; les parties plus profondes ont leurs plantes et leurs animaux propres. Cependant, bien que ces êtres vivants diffèrent grandement d'un point à l'autre de l'Océan, quoiqu'ils puissent même manquer entièrement sur quelque partie dénudée de sable, de pierre ou de gravier, le fond de la mer ressemble au moins au fond de la petite mare du rivage, en ce qu'il fourmille d'animaux vivants et de débris d'animaux morts. Les dépôts de sable et de limon qui s'y accumulent doivent donc contenir en abondance les restes de ces créatures.

Si les débris de plantes et d'animaux sont ainsi ensevelis dans les dépôts de sédiments qui s'amassent de jour en jour au fond des lacs ou de la mer, nous pouvons être sûr que le même fait s'est produit aux époques passées, et que les roches sédimentaires, sédiment durci des lacs et des océans anciens, doivent aussi contenir des restes de plantes et d'animaux. Elles en contiennent en abondance. Certains grès, certains schistes, d'autres roches sédimentaires, rappellent par l'abondance de ces débris la vie qui pullule aujourd'hui sur tous les points du fond de la mer.

Toute partie de plante ou d'animal inscrustée dans une roche s'appelle FOSSILE. La fougère de la figure 12, les coquilles et les trilobites de la figure 13 sont des fossiles. Nous nous occuperons dans le chapitre suivant de quelques questions que les fossiles nous permettent de résoudre.

V. — Une carrière et ses leçons.

Vous avez appris dans les chapitres précédents ce que c'est qu'un sédiment et comment les diverses espèces de sédiment déposées sous l'eau

sont devenues des roches sédimentaires et peuvent renfermer des restes de plantes ou d'animaux. Posons à ces roches quelques questions nouvelles; faisons leur raconter leur propre histoire.

Une visite aux carrières si abondantes dans

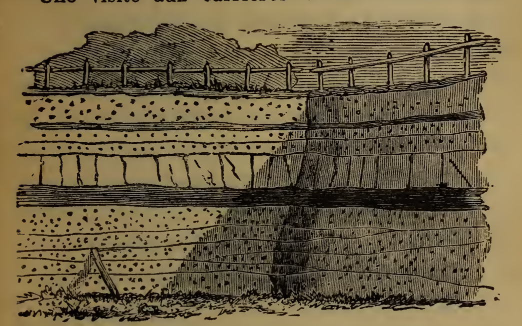


Fig. 14. — Carrière de roches sédimentaires.

notre pays peut vous apprendre à ce sujet bien des choses. Supposons-nous par exemple dans celle que représente la figure 14.

En premier lieu, quel est le caractère qui vous frappe surtout à première vue? La *stratification* des roches.

Elles sont disposées les unes au-dessus des au-

tres en couches ou en lits et présentent cet aspect stratifié, caractéristique des roches déposées sous l'eau en sédiment.

En second lieu, vous observez qu'elles ne sont pas toutes faites des mêmes matériaux. Les unes sont composées d'un conglomérat fixe (marqué de points dans la figure), d'autres de diverses espèces de grès (points plus petits), d'autres encore de schistes ou d'argiles (lignes horizontales). Ces lits ou *strates*, comme on les appelle, alternent irrégulièrement, comme le gravier, le sable et le limon, que nous avons étudiés dans le delta d'un fleuve ou sous la mer.

En troisième lieu, je vous demanderai de m'indiquer quels sont les plus anciens de ces lits. Vous me répondez sans hésiter que ceux qui se trouvent au fond de la carrière doivent être les plus anciens, puisqu'ils ont été certainement déposés avant ceux qui sont au-dessus d'eux. Le lit inférieur peut être exactement de même nature et de même structure qu'un ou plusieurs de ceux qui le surmontent et il peut leur ressembler tellement qu'il ne vous soit possible de distinguer entre eux aucune différence. L'intervalle qui les sépare prouve cependant que ce n'est pas

le même lit et qu'ils ont été formés les uns après les autres, à des époques différentes. Dans ce cas, ceux du fond sont toujours les plus anciens et ceux du sommet les plus récents. Cet arrangement des lits ou strates les uns au-dessus des autres s'appelle *ordre de superposition.*

Dans une carrière comme celle que représente la figure, cet ordre est sans doute très simple et très évident ; mais vous verrez par la suite qu'il n'est pas ordinairement aussi clair. Dans beaucoup de cas, les roches sont cachées par le sol ou quelque autre chose, et il faut, pour établir leur ordre de superposition véritable, beaucoup de soin et de patience. Dès qu'en dépit des difficultés vous avez réussi à montrer quelles sont les roches du fond et celles du dessus, vous avez déterminé du même coup quelles sont les plus anciennes et les plus récentes.

En quatrième lieu, voyons si les roches de cette carrière ont conservé quelque indice de l'endroit où elles furent déposées. Si nous fendons quelques-uns des bancs de grès inférieur, nous trouvons souvent à leur surface des marques comme celles de la figure ci-dessous.

Avez-vous déjà vu ailleurs quelque chose res-

semblant à ces empreintes? Si vous vous êtes jamais promené sur une plage sableuse bien unie, vous avez dû remarquer les ondulations que laissent sur le sable les petites vagues des eaux peu profondes. Elles ressemblent tout à fait à celles du grès. Vous pouvez également en voir sur la rive inclinée d'un lac, partout enfin où l'eau poussée

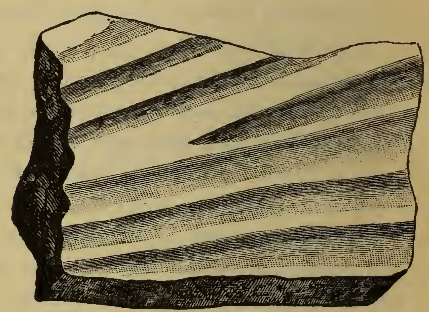


Fig. 15.

par le vent roule de petites vagues sur un fond de sable. Elles indiquent des eaux peu profondes.

Notre carrière nous révèle donc un fait important sur l'origine de ces roches : c'est qu'elles n'ont pas été déposées dans une mer profonde, mais bien sous une faible épaisseur d'eau.

En examinant de plus près encore les strates,

nous remarquons que certaines d'entre elles sont couvertes de curieux petits trous ronds, de la grosseur d'un pois tout au plus. L'aspect général de ces surfaces marquées est représenté dans la figure 16. Quelle est l'origine de ces trous? Comme les ondulations, ils doivent avoir été creusés dans le sable avant qu'il eût pris la dureté du grès.

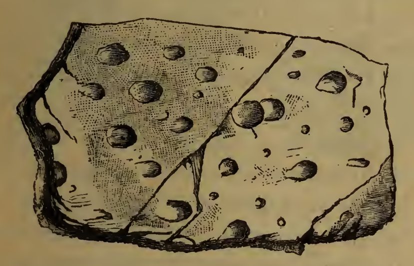


Fig. 16. — Empreintes de pluie sur le gres.

Vous devez encore en chercher l'explication dans ce qui se passe de nos jours. Vous savez que lorsque des gouttes de pluie tombent sur la surface unie d'un sable humide, comme celui d'une plage, chacune d'elles y laisse un petit creux. En comparant ces empreintes récentes à celles de notre morceau de grès, vous verrez qu'elles sont identiquement les mêmes et qu'elles

sont toutes produites par la chute de gouttes de pluie sur un sable uni et humide.

Voilà donc un second fait qui jette une lumière nouvelle sur l'histoire de ces roches. Les ondulations montraient que les eaux étaient peu profondes; les empreintes de pluie prouvent qu'à certaines époques la plage était à sec, exposée à l'air et à la pluie. Pouvons-nous dire maintenant si l'eau était douce ou salée, ou en d'autres termes si ce rivage était celui d'une mer ou d'un lac?

Nous recueillons dans les lits de schiste un grand nombre de fossiles qui nous permettent de répondre à cette question. Si vous pêchiez dans un lac, prendriez-vous les mêmes poissons que dans la mer? Certainement non; vous apprendriez bientôt que non seulement les poissons, mais les autres animaux et les plantes qui vivent dans l'eau douce, diffèrent de ceux qui vivent dans l'eau salée. Les étoiles de mer, les lépas, les huîtres, les carrelets, sont des habitants de la mer, tandis que vos vieux amis le véron, la perche, l'épinoche sont originaires des fleuves et des lacs.

Vous pourriez donc comprendre que les restes

de végétaux et d'animaux conservés dans les dépôts sous-marins doivent différer de ceux que recèle le fond des lacs.

Quelques-uns des fossiles que nous avons recueillis sont représentés dans le dessin ci-dessous (fig. 17). *a* est un corail ; *b* est une partie d'un



Fig. 17. — Fossiles : *a*, corail ; *b*, partie d'Encrinite ; *c*, *Spirifer*, coquille marine.

tube annulaire d'Encrinite, animal voisin de l'étoile de mer commune ; *c* est une coquille appartenant à une famille dont tous les membres sont habitants des mers. Ce sont là évidemment tous animaux marins, et, quand nous les trouvons associés de la sorte dans un banc de pierre, nous sommes certains que les éléments de cette pierre ont été déposés sous la mer. Peut-être ont-ils été jetés sur le rivage ancien, comme les coquillages e sont de nos jours.

Voilà donc un troisième fait relatif à l'histoire de nos roches. Les ondulations et les empreintes de pluie nous ont montré qu'elles furent formées sous des eaux peu profondes et le long d'un rivage ; les fossiles nous prouvent maintenant que ces eaux faisaient partie de l'Océan.

La carrière vous indique donc clairement que la terre et la mer ont ici changé de place. Quoiqu'elle puisse être située au cœur même du pays, fort loin de la mer, rien n'est plus sûr cependant que celle-ci couvrit autrefois son emplacement. En continuant vos recherches dans d'autres carrières, vous trouverez les mêmes preuves de la présence de la mer. Si vous traversiez tout notre pays depuis le sud de l'Angleterre jusqu'à l'extrémité nord de l'Ecosse, toutes les carrières, à peu d'exceptions près, que vous pourriez rencontrer, sont creusées dans des roches formées autrefois sous la mer. Un pareil voyage vous apprendrait que presque tout notre pays est constitué par ces roches. Vous les rencontrez dans le fond des mines comme au sommet des montagnes. La Grande-Bretagne n'est pas seule à présenter ce caractère. Si vous examiniez, dans un voyage à travers l'Europe, toutes les roches qui

se trouvent sur votre route, vous verriez que les roches marines sont en grande majorité. D'Europe en Asie, d'Asie en Afrique et en Amérique, vous rencontrez partout ces roches formées sous la mer. Les plus hautes montagnes du globe en sont faites.

Ce fait n'est-il pas singulier ? Comment la terre solide s'est-elle en grande partie formée sous la mer ? Les roches doivent s'être élevées au-dessus des eaux par quelque moyen, et, puisque la surface terrestre est si inégale, il semble que certaines parties doivent s'être élevées beaucoup plus que d'autres. Nous étudierons plus loin ce soulèvement du fond de la mer. Nous devons d'abord faire l'histoire d'autres roches, dont beaucoup ont également une origine marine.



CHAPITRE IV

LES ROCHES ORGANIQUES

I. — Roches formées de débris végétaux.

Puisque les feuilles, les branches et les troncs d'arbres, les coquillages et les autres débris d'animaux sont parfois répandus en si grande abondance dans les roches sédimentaires ordinaires, il est facile de voir qu'ils peuvent quelquefois se présenter en assez grande quantité pour former par eux-mêmes des dépôts importants. Nous ne pouvons que difficilement donner à de tels dépôts le nom de sédimentaires, dans le même sens que nous l'attribuons au schiste ou au grès. Nous pouvons les appeler ROCHES ORGANIQUES, parce qu'elles doivent leur origine à l'accumulation de ce qu'on nomme DÉBRIS ORGANIQUES ou fossiles,

c'est-à dire des débris de plantes ou d'animaux. Une plante, un animal vivant se meuvent et grandissent au moyen d'ORGANES. Nous marchons avec nos jambes : ce sont nos *organes de locomotion*; nous parlons avec la bouche qui contient les *organes de la parole*; nous voyons avec les yeux, qui sont nos *organes de la vue*, et ainsi de suite. Tout objet, par conséquent, qui possède des organes, est un être organisé, un ORGANISME. Ce mot désignera toujours à vos yeux une plante ou un animal, car les plantes et les animaux sont seuls réellement organisés.

Commençons par les roches formées de débris végétaux. Examinons par exemple un MORCEAU DE HOUILLE. Si vous découvrez tout ce qu'il peut vous apprendre, il vous sera facile de retracer l'histoire d'autres roches de cette série.

Vous connaissez l'aspect général de la houille. Avez-vous jamais remarqué que, malgré la forme auguleuse et irrégulière de ses fragments, elle possède néanmoins la disposition stratifiée comme les roches sédimentaires? Essayez de briser un gros bloc de houille, et vous verrez qu'il se divise beaucoup plus facilement dans une direction que dans l'autre. Cette direction est celle

des couches mêmes qui constituent la houille. S vous voulez que de gros morceaux de charbon brûlent rapidement et fassent un bon feu, placez-les de façon que ces couches soient dirigées verticalement. Dans cette position, la chaleur les sépare.

Regardez maintenant une des faces d'un morceau de charbon, celle où se montrent les extrémités des couches. Vous ne pouvez les distinguer aussi facilement que sur un morceau de schiste, parce qu'elles semblent se confondre les unes dans les autres ; mais vous pouvez remarquer que parmi les lits de substance dure, brillante et luisante, il s'en présente d'autres d'une matière tendre, comme le charbon de bois. Un simple coup d'œil général sur un pareil morceau de charbon vous montre qu'il est stratifié.

Vous savez que la houille peut brûler en ne laissant que des cendres et que sous ce rapport elle ressemble au bois et à la tourbe. Les chimistes ont, en analysant la houille, constaté qu'elle est faite des mêmes matières que le bois et la tourbe et qu'elle fut formée par des végétaux comprimés, transformés graduellement en cette substance noire qui sert aujourd'hui de combustible.

Transportons-nous dans une mine, dans le but de voir exactement comment la houille se présente avant d'être extraite de la terre et divisée en ces petits fragments que nous brûlons dans nos foyers (fig. 38). Nous descendons dans l'une des cages qui servent à transporter les mineurs.

Quand nos yeux se sont un peu habitués à l'obscurité du fond, nous suivons, lampe en main, l'une des voies de roulage, et nous atteignons enfin un point des travaux où les mineurs sont occupés à abattre la houille. Vous voyez tout d'abord qu'elle se présente en couche d'une épaisseur de quelques pieds. Cette disposition concorde avec ce que vous avez déjà remarqué pour les lits intérieurs de ce minéral et vous confirme dans l'idée que la houille est une roche stratifiée. Observez maintenant que le pavement sur lequel repose la houille et le toit qui la couvre sont faits tous deux de matières fort différentes du charbon lui-même. En pratiquant une section à travers le pavement ou le *mur*, comme on l'appelle, la houille et le *toit*, vous trouveriez une disposition ressemblant à celle de la figure 18, et prouvant à l'évidence que la couche de houille

repose parmi des couches de roches sédimentaires communes.

Qu'est-ce donc que ce lit *b* qui forme le pavement sur lequel repose la houille ? Avec un peu d'attention, vous y reconnaissez un lit d'argile noire, couvert de raies entremêlées ressemblant à des racines.

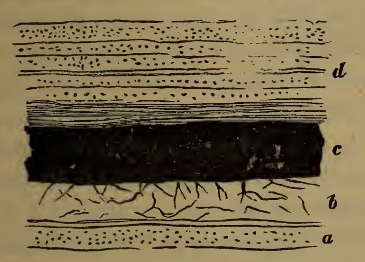


Fig 18. — Section d'une couche de houille avec le mur et le toit. *a*, grès, schistes, etc. ; *b*, argile ; *c*, houille ; *d*, grès et schistes formant le toit.

Ce réseau de racines se continue jusque dans la partie inférieure de la houille. Dans tous les puits que vous visiterez, vous trouverez presque toujours la couche de houille reposant sur un lit de ce genre. Pourquoi cette préférence pour l'argile ou le schiste, au détriment du grès ou de toute autre roche ? Si vous aviez rencontré par-

tout dans vos visites ce pavement particulier, ne commenceriez-vous pas à croire que cette association constante de la houille et de son mur d'argile n'est pas un simple accident et qu'il doit avoir une signification?

Reportez les yeux sur le mur argileux. Ne vous rappelle-t-il pas une couche de terre végétale, traversée par des racines? Une fois que cette idée s'est présentée à votre esprit, plus vous examinez la roche, plus cette ressemblance vous apparaît clairement. Vous finissez par conclure que le mur d'argile est un ancien sol et que la couche de houille représente la végétation qui y croissait (fig. 39).

Tous les gisements de houille furent à une certaine époque des masses épaisses de végétation croissant sur de vastes plaines marécageuses, quelque chose comme les jungles qu'on rencontre aujourd'hui dans les contrées tropicales. Ces vastes marécages reposaient sur un sol boueux d'où s'élançait une végétation luxuriante, et c'est ce même sol qui forme aujourd'hui le mur d'argile.

Pouvons-nous dire quelque chose du genre de plantes qui croissaient sur ces plaines et s'y accu-

mulaient en une masse compacte qui forma la houille ? Cette dernière ne peut nous apprendre que peu de chose, car la végétation y a été tellement comprimée et altérée que les feuilles et les branches ont été détruites. En beaucoup de points cependant, des parties de végétaux se sont transformées en une matière qui noircit les doigts et montre des traces de fibres végétales, comme le charbon de bois auquel elle ressemble. En examinant au microscope des plaques de charbon fixées sur un verre et amincies jusqu'à devenir transparentes, vous découvrez souvent que la houille contient des millions de petits vaisseaux ou de SPORES, comme on les appelle. Ces spores proviennent de plantes ressemblant aux mousses de nos bruyères et de nos montagnes, mais beaucoup plus grandes. Elles tombaient sur le sol en si grande quantité qu'elles finirent par y former une sorte de terreau.

Quoique les plantes plus grandes n'aient pas été bien conservées dans la houille, vous pourrez quelquefois les retrouver dans toute leur beauté et leur perfection, dans les roches supérieures ou inférieures. La figure 19 représente quelques variétés communes. Quelquefois vous pourrez voir

ces plantes entremêlées et comprimées, mais gardant cependant quelque chose de leur grâce originelle, sur le lit de roche qui forme le toit des galeries que vous parcourez.

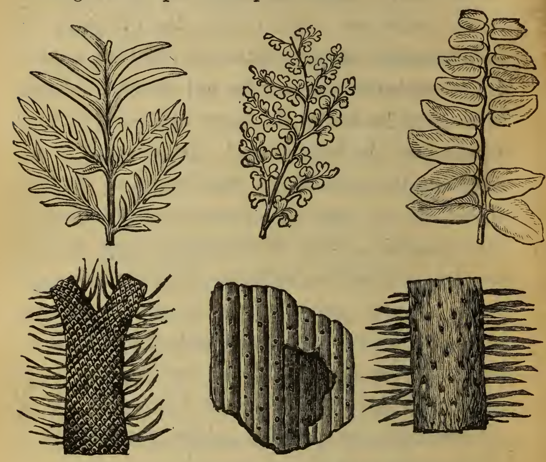


Fig 19. — Plantes qui formèrent la houille.

Les gisements de houille qui furent autrefois le siège d'une végétation luxuriante, exposée à la lumière du soleil et couvrant de vastes espaces, sont aujourd'hui profondément ensevelis dans la terre, sous d'épaisses masses rocheuses qu'il faut

percer pour y atteindre. Nous verrons plus loin comment s'est produit cet ensevelissement. Pour le moment, nous allons jeter un coup d'œil sur un autre genre de formation où la végétation entre également en jeu et que vous pourrez étudier non plus dans les profondeurs d'une mine. mais au grand jour.

Vous connaissez sans doute, sinon par vos propres yeux, du moins par les descriptions que vous avez lues, les tourbières si abondantes en Irlande, en Écosse et dans quelques parties de l'Angleterre. Sinon, représentez-vous une vaste étendue de bruyères aux tons bruns et de marais verdâtres. Le sol est parfois si peu résistant, si imprégné d'eau, que l'imprudent qui se risquerait sur cette surface trompeuse risquerait de s'enfoncer profondément dans une boue noirâtre. En d'autres points s'étend une croûte plus ferme qui se fend sous vos pieds quand vous sautez d'un endroit sec à un autre. On évalue à la septième partie de la surface de l'Irlande l'espace couvert par les tourbières, et elles sont également fort nombreuses en Écosse.

En visitant un de ces dépôts, vous remarquez que les bords sont d'ordinaire tout à fait fermes.

Le centre même est quelquefois assez sec pour être labouré et produire des navets et des pommes de terre. La substance qui les constitue est une sorte de terreau noir ou brun foncé appelé tourbe, et formé par des débris végétaux fermement entrelacés. L'épaisseur de cette couche de tourbe peut atteindre trente ou quarante pieds. C'est simplement un dépôt végétal, et en ce point, comme en d'autres encore, elle ressemble à la houille.

Cette composition la rend propre à brûler rapidement ; aussi la découpe-t-on en tranches qui sont séchées et employées comme combustible. Dans une grande partie de l'Irlande et de l'Écosse, les paysans n'ont pour se chauffer que cette tourbe, qu'ils extraient des tourbières pendant l'été.

La figure 20 représente une de ces exploitations. C'est là qu'on peut le mieux étudier le mode d'origine du dépôt, et, comme la recherche de la formation d'une tourbière nous offre un bon exemple de la façon dont les géologues s'efforcent de reconstituer l'histoire de la terre, nous examinerons d'un peu plus près cette tranchée pratiquée dans la tourbe.

Sous une couche de gazon et de bruyère se trouve la tourbe, qui se présente dans la partie supérieure comme une masse brune et fibreuse



Fig. 20. — Exploitation d'une tourbière.

et devient de plus en plus compacte en approchant du fond. Elle peut même finir par offrir une substance noirâtre et compacte où l'on ne distingue plus aucune trace de fibres. Au-dessous de la tourbe, on trouve quelquefois une couche

d'argile fine contenant des coquilles d'eau douce. Parfois aussi, on y découvre un canot grossier creusé dans le tronc d'un chêne, relique de nos ancêtres sauvages.

Le groupement de ces faits isolés va nous permettre de retracer l'histoire de la tourbière.

En commençant par le fond, la formation la plus ancienne que vous rencontriez est cette couche d'argile dont nous venons de parler. Vous savez déjà qu'une couche de ce genre a dû se déposer sous l'eau. Si son épaisseur est grande, vous en conclurez que cette eau n'était pas celle d'une mare ou d'un étang, qu'elle était vaste et profonde. Les coquilles indiquent d'ailleurs que c'était l'eau d'un lac, car elles sont pareilles à celles qui vivent encore dans les lacs du voisinage. Le premier point établi est donc qu'un lac occupait l'emplacement actuel de la tourbière. Vous pouvez même en retrouver la configuration, car les bords inclinés qui limitent aujourd'hui la tourbière sont les mêmes que ceux de l'ancien lac sur lequel nos rudes ancêtres dirigeaient ces canots que nous retrouvons de temps en temps.

Au-dessus de cette couche d'argile qui marque l'ancien fond du lac vient la tourbe, entièrement

formée de matières végétales. Evidemment, elle a pris la place de l'eau. Les débris de plantes ont rempli le lit primitif et l'ont transformé en tourbière. En beaucoup d'endroits, vous pouvez voir encore l'opération se continuer. Aussi, dans une tourbière comme celle de la figure 21, il est évi-

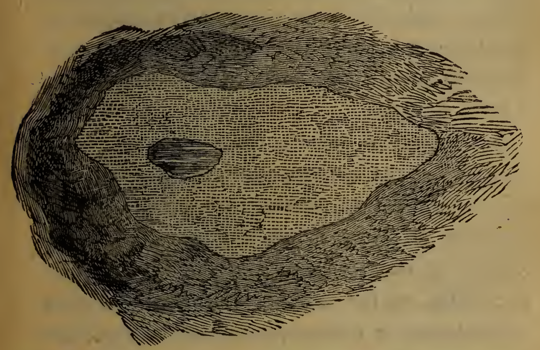


Fig. 21. — Plan d'une tourbière remplissant un ancien lac à l'exception du centre.

dent que la petite mare d'eau du centre n'est qu'un reste du lac ancien qui remplissait le bassin entier.

Sur les bords de la mare centrale, la végétation marécageuse qui a servi à former la tourbe envahit l'eau de tous côtés. En enfonçant une

perche au fond de l'étang, vous y rencontrez de même une tourbe fine, noire ou brune, formée de racines et de fibres décomposées. Il reste ici une couche d'eau interposée entre la matière tourbeuse du fond et les plantes envahissantes qui forment une sorte de croûte au-dessus de l'étang; mais à la longue ces plantes rempliront tout l'espace intermédiaire, et le centre même ne sera plus qu'un lit de tourbe solide, comme tout le reste du lac.

La tourbe a été formée dans les terrains marécageux et les lacs peu profonds par la croissance et la décomposition des plantes et l'accumulation de leurs débris à l'endroit où elles vivaient et où elles sont mortes. Comme pour la houille, ce fait montre que dans certaines circonstances le développement et la décomposition des plantes peut donner naissance à des dépôts épais et vastes.

II. — Roches formées de débris animaux.

A première vue, il semble peu vraisemblable que des débris animaux aient pu s'accumuler en

assez grande quantité pour former un dépôt bien marqué. Bien que l'air soit rempli d'insectes, que nous voyions et entendions à la fin de l'été des oiseaux nombreux, que nos prairies et nos clairières pullulent de lapins, de lièvres, de taupes et de beaucoup d'autres animaux, nulle part cependant nous ne voyons leurs restes former un dépôt à la surface. Bien plus, il est relativement rare de rencontrer le corps d'un animal. Ils s'enfoncent et meurent dans des trous où leurs corps se décomposent peu à peu et disparaissent. En choisissant bien le lieu, cependant, vous découvrirez que les restes des animaux, comme ceux des plantes et beaucoup plus que ces derniers, forment de grandes accumulations.

Les coquillages qui tombent en poussière dans le lit d'argile du fond des tourbières appartiennent aux espèces qui vivent dans les lacs. Dans certaines parties du pays, le fond des lacs est couvert de coquilles semblables, et cela en si grande abondance qu'en retirant à l'aide d'une drague un peu de la boue fine qui le recouvre, vous trouvez qu'elle est faite d'une substance blanche et crayeuse, de marne comme on l'appelle, formée de coquilles à tous les degrés de

décomposition. Les animaux qui vivent dans ces coquilles sont si nombreux qu'en mourant leurs débris forment une couche au fond du lac. Quelquefois, un de ces lacs a été comblé par la végétation et les dépôts, ou drainé artificiellement de façon à se dessécher entièrement. En fouillant l'emplacement de ce lac disparu, vous arriveriez à la marne d'eau douce qui forme un lit de plusieurs pieds, quelquefois de plusieurs mètres d'épaisseur. Vous y découvririez peut-être le squelette d'un daim, d'un bœuf sauvage ou de quelque autre animal qui se noya dans l'ancien lac, ou bien encore un canot, un marteau de pierre ou d'autres reliques des races humaines primitives qui peuplaient le pays avant que tous ces lacs et toutes ces forêts eussent disparu. Dans les districts où le carbonate de chaux est rare, on a extrait en grandes quantités la marne des anciens lacs pour l'employer comme engrais. Vous voyez donc que les frêles coquilles qui se remarquent sur les pierres et dans les creux du bord d'un lac peuvent fournir un exemple de la façon dont les débris des animaux forment des roches.

C'est cependant au fond des mers qu'on en

rencontre les exemples les plus merveilleux ; ces formations s'y présentent à des profondeurs de plusieurs centaines, de plusieurs milliers de pieds et sur des espaces de plusieurs centaines de milles. Nous en avons déjà dit un mot dans la *Géographie physique*, en parlant de l'emploi de la drague pour explorer le fond de l'Océan et en faisant allusion à cette boue fine, formée de débris organiques menus qu'on trouve presque partout au fond de l'océan Atlantique. Étudions maintenant cette boue d'un peu plus près.

A l'ouest de la Bretagne, l'Atlantique s'approfondit bientôt brusquement. Son lit s'étend alors jusqu'à Terre-Neuve comme une vaste plaine dont le point le plus bas est à 14,000 pieds sous les vagues. C'est sur cette vaste plaine sous-marine que furent placés les câbles télégraphiques, et dans ce but de nombreux sondages furent pratiqués depuis la côte d'Irlande jusqu'à celle d'Amérique. On constata que dans les parties peu profondes le fond de la mer était couvert de sable, de gravier ou de limon, tandis que dans les grandes profondeurs le plomb de sonde ramenait une substance grise et visqueuse qui s'étend dans ce vaste bassin sur une étendue de

milliers de milles carrés. Cette vase, séchée, ressemble à une sorte de craie grisâtre. Vous pouvez en disposer une parcelle sur la plaque de verre du microscope. A l'œil nu, les petites taches qu'on y distingue ont l'air de simples grains de poussière; mais, sous un fort verre grossissant ou un microscope, on voit qu'elles consistent en petites coquilles appelées foraminifères, les unes entières, d'autres brisées, mais toutes de forme et de dessin délicats.



Fig. 22. — Vase du lit de l'Atlantique, grossie 25 fois.

En examinant ces formes gracieuses, songez qu'elles sont entassées, millions sur millions, au fond de l'Atlantique; qu'en mourant leurs dépouilles s'y accumulent en un vaste dépôt, et que, à mesure que les générations se succèdent, ce dépôt s'épaissit continuellement. Après des siècles, si le dépôt restait intact et que nous puissions

en mesurer la croissance, nous trouverions qu'en s'épaississant il a englobé les dépouilles des étoiles de mer ou des autres animaux marins dont les corps sont restés au fond. L'épaisseur de ce dépôt entre l'Irlande et Terre-Neuve doit atteindre pour le moins des centaines de pieds. Nous avons donc ici un second exemple remarquable de la formation d'une masse rocheuse épaisse et étendue par des débris animaux.

Revenons encore une fois à notre morceau de craie (page 20), et comparons-le à la vase de l'Atlantique. Très souvent, vous distinguez à première vue dans la craie des coquilles, des coraux, des oursins et d'autres animaux marins, entiers ou en fragments (fig. 23). C'est assez pour vous convaincre que la craie doit avoir été formée sous la mer. Un examen plus attentif vous montrera que non seulement elle contient des restes animaux, mais encore qu'elle en est entièrement composée. Si le hasard vous favorisait, en faisant subir à un morceau de craie l'opération dont avons parlé au début de ce livre (page 19), vous y trouveriez de nombreuses coquilles (fig. 3) entièrement semblables à celles de la vase de l'Atlantique (fig. 22) et mélangées à des frag-

ments d'espèces plus grandes et à d'autres débris. La masse entière est évidemment formée de restes d'animaux, quelques-uns intacts, les autres si détruits, si divisés qu'on ne peut reconnaître à quelle espèce ils appartenaient. Ne vous découragez pas si pendant un certain temps la

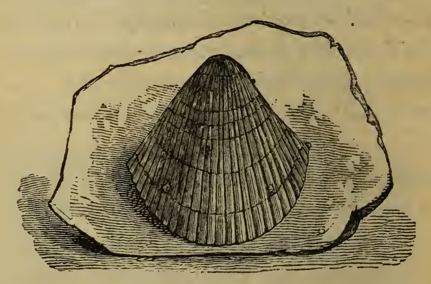


Fig. 23. — Morceau de craie avec coquillage.

craie que vous pulvérisez ne vous montre aucun organisme distinct, mais seulement de petits grains blancs informes. Ces grains ne sont que des fragments d'organismes décomposés, et vous finirez, en cherchant bien, par y découvrir quelques spécimens entiers et parfaitement conservés. Vous vous trouverez alors en présence d'un groupe de petits organismes comme celui de la

figure 3, qui représente un fragment de la craie de Gravesend.

Beaucoup d'autres roches que la craie sont entièrement faites de débris animaux. La plupart



Fig. 24. — Morceau de calcaire.

des calcaires ont été formés de ces matières. En voici par exemple un morceau (fig. 24) qui est resté exposé à l'air pendant de nombreuses années, et vous voyez comme sa surface est couverte de coraux, de coquilles et d'autres débris. L'aspect de cette pierre vous fait aussitôt songer

à quelque fond sous-marin. Vous vous représentez comment tous ces petits fragments délicatement taillés firent autrefois partie de créatures vivantes, qui se mouvaient et se développaient sous les eaux claires de la mer. Ce morceau de calcaire devient pour vous le modèle de ce que doit être un fond sous-marin et vous remet en mémoire ce que peut-être vous avez vu de vos propres yeux dans quelque creux de roche sur le rivage.

Si un simple fragment de calcaire peut vous inspirer ces pensées, que direz-vous en vous trouvant en face de montagnes entières formées de cette même pierre, d'immenses masses rocheuses de deux ou trois mille pieds de hauteur et couvrant des étendues de centaines de milles carrés? Vous pouvez cependant rencontrer ces masses étonnantes, remplies des débris d'anciens animaux marins, dans presque tous les pays du globe. En Angleterre, par exemple, les montagnes et les vallées d'une grande partie du Derbyshire et du Yorkshire en sont formées. Sur les flancs de ces merveilleuses vallées, les bancs de calcaire s'étendent de tous côtés et s'élèvent les uns au-dessus des autres en larges terrasses

aussi loin que l'œil peut atteindre. Lorsque vous parcourez la surface d'une de ces terrasses élevées, vous foulez en réalité le fond d'une mer ancienne, et, si vous jetez un regard sur la roche qui s'étend sous vos pieds, vous verrez que toute sa masse est formée des restes des petits animaux qui peuplaient les eaux de cette mer. Un jour, celle-ci s'est desséchée, et les dépôts épais d'animaux qui en couvraient le fond se sont transformés en ce calcaire qui constitue les hautes montagnes et les larges vallées.

On rencontre en Irlande des masses encore plus considérables de cette même roche. Quelques-unes des plus grandes chaînes de montagnes du globe en sont en grande partie formées. Ainsi, sur les crêtes élevées des Alpes et de l'Himalaya, le calcaire constitue une grande étendue des plateaux sur lesquels reposent les neiges éternelles et d'où les glaciers descendent dans les vallées.

Résumé. — Avant de poursuivre, jetons un regard sur le chemin parcouru, et voyons exactement le point où nous sommes arrivés. Si je vous demandais un résumé succinct des pages qui

précédent, vous l'établiriez probablement comme suit :

1° La surface de la terre est désagrégée par la pluie et les cours d'eau, et il en résulte une masse considérable de boue, de sable et de gravier.

2° Les matières arrachées à la terre s'accumulent à l'embouchure des fleuves, dans les lacs et sur le fond de la mer, où elles forment de vastes dépôts qui finissent par se transformer en roches sédimentaires.

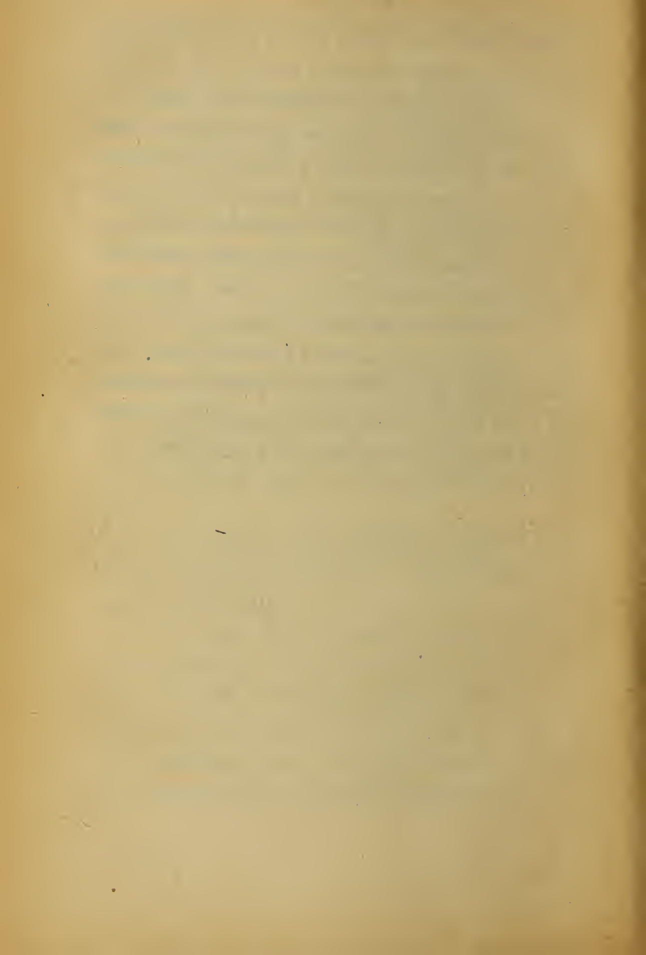
3° Les feuilles, les branches, les troncs et les autres parties des végétaux, mélangés aux restes des animaux, s'incrustent et sont conservés comme fossiles dans ces accumulations sédimentaires.

4° Les plantes et les animaux forment quelquefois à eux seuls d'épais et vastes dépôts à la surface de la terre.

5° Les roches qui constituent la terre ferme ont été en grande partie formées sous la mer.

6° D'anciennes surfaces qui, comme les gisements houillers, étaient autrefois couvertes de forêts luxuriantes, sont aujourd'hui profondément ensevelies sous des masses de roche solide.

Vous vous êtes avancé pas à pas jusqu'à ces conclusions, dont vous êtes tout à fait sûr, car vous en avez trouvé les preuves en chemin. A plusieurs reprises, vous avez pu voir que, d'une façon ou de l'autre la terre et la mer ont souvent changé de place. Vous avez retrouvé le fond des mers anciennes jusque sur la crête des montagnes et d'anciennes forêts enterrées sous forme de houille dans les entrailles de la terre. Comment ont eu lieu ces merveilleux changements? Pour être à même de répondre à cette question, vous devez connaître quelque peu l'histoire du dernier des trois grands groupes en lesquels nous avons divisé les pierres terrestres, les roches ignées.



CHAPITRE V

LES ROCHES IGNÉES

I. — Leur nature.

Le mot « igné, » qui veut dire littéralement produit par l'action du feu, ne dépeint pas très exactement les roches auxquelles il s'applique; mais on s'en sert depuis longtemps pour désigner toutes les roches qui se sont trouvées à l'état de fusion dans la terre ou qui ont été projetées à la surface par l'action des volcans. Les roches ignées doivent donc leur origine à certains effets de la chaleur intérieure du globe, dont nous avons déjà parlé (*Géogr. phys.*) et sur lesquels nous allons appuyer plus longuement.

Le premier fait qui vous frappera quand vous

vous mettrez à la recherche des roches ignées, c'est qu'elles sont loin d'être aussi abondantes que les deux autres grandes classes de roches. Prenez la Grande-Bretagne pour exemple. En traversant le pays d'un bout à l'autre, vous rencontrerez à chaque pas des roches appartenant aux séries sédimentaires et organiques, mais vous pourriez parcourir des espaces considérables sans en trouver aucune du genre igné. Toute la partie de l'Angleterre, par exemple, qui se trouve au sud-est d'une ligne tracée de Lyme Regis jusqu'à Flamborough Head, en passant par Leicester, ne contient pas un seul bloc de roche ignée. Si vous pénétriez au contraire dans les Galles du Nord, le Cumberland ou la vallée du centre de l'Écosse, vous y trouveriez ces roches en abondance, car elles y constituent les montagnes et les roches les plus élevées et les plus pittoresques de cette partie de l'île. Ainsi, quoique les roches ignées ne soient pas universellement répandues, elles se présentent pourtant en assez grande abondance en beaucoup d'endroits. Elles sont nombreuses même dans l'espace restreint de la Bretagne et se rencontrent de même dans la plupart des contrées du monde. Leur histoire est très cu-

rieuse et très importante, et il est désirable que vous connaissiez exactement leur nature et leurs caractères.

Nous avons vu ailleurs (*Géogr. phys.*) que les matières solides rejetées par les volcans sont de deux espèces. Pendant une éruption, des ruisseaux de roche fondue appelée LAVE coulent sur les flancs de la montagne, et d'immenses quantités de *poussière,* de *sable* et de *pierres,* lancées dans l'air par le cratère, retombent sur le volcan et quelquefois sur tout le pays voisin à de longues distances.

Voilà donc deux éléments de roche très différents, provenant de l'intérieur du globe. La lave se refroidit et se prend en une roche solide. Les cendres fines et les pierres finissent aussi par se durcir en lits de pierre plus ou moins fermes. Il en résulte que deux espèces de roches entièrement distinctes sont déposées à la surface de la terre par le volcan. Dans le cas de la lave, la roche, si vous l'examinez à l'aide d'un verre grossissant, vous apparaîtra formée de *cristaux* distincts et enchevêtrés. Les lits de cendre au contraire, quelque compacts qu'ils soient devenus, sont faits de *fragments* irréguliers de diverses

espèces de pierre, depuis la poussière la plus fine jusqu'à de gros blocs. En vous basant sur cette différence très simple et très claire, vous pouvez diviser les roches ignées en deux grands groupes :

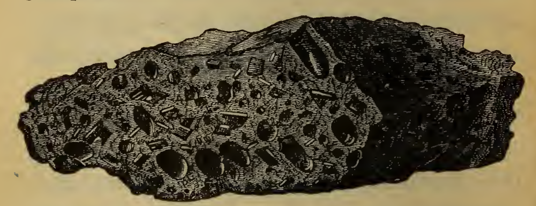


Fig. 25. — Morceau de lave avec cristaux et soufflures formées par la vapeur.

1° Les roches cristallines, c'est-à-dire celles qui sont formées de cristaux et se sont autrefois trouvées à l'état de fusion;

2° Les roches fragmentaires, qui sont constituées par les matières divisées que projette une explosion volcanique.

Roches ignées cristallines. — Le morceau de granit que nous avons examiné (page 17) peut nous servir d'exemple. Nous avons vu combien il diffère des roches comme le grès ou la craie. Il existe d'ailleurs beaucoup d'autres variétés de

roches ignées cristallines. Celle que représente par exemple la figure 25 est un fragment d'un courant de lave qui descendit autrefois à l'état



Fig. 26. — Vue du côté nord du cône volcanique de l'île de Volcano avec une coulée de lave noire.

de fusion le long des flancs d'un volcan. Vous y remarquerez de petits cristaux angulaires, les uns volumineux et noirs, les autres n'offrant à

l'œil que de simples points blancs dans la masse générale de la pierre. Outre les cristaux, vous observez un grand nombre de cavités arrondies, comme si de petits galets roulés s'étaient détachés de la roche.

Quand cette roche se trouvait à l'état de fusion, elle était remplie de vapeur et de gaz emprisonnés qui s'efforçaient de remonter à la surface. Cette vapeur, sous forme de bulles, a creusé tous ces petits trous si curieux dans la masse encore liquide. Les trous que vous voyez souvent au centre d'un pain ont la même origine : ils ont été formés par la vapeur qui voulait s'échapper de la pâte chauffée dans le four.

Toutes les laves appartiennent à cette classe de roches. Quelques figures serviront à vous en montrer les traits les plus simples et les plus frappants. La figure 26 représente une partie de l'île de Volcano, dans la Méditerranée. Vous voyez comment, après s'être élevée à l'intérieur du volcan jusqu'au bord du cratère, la lave a coulé à l'extérieur de la montagne.

La lave était naturellement alors à l'état liquide, comme du fer fondu, et s'est solidifiée

en se refroidissant. Vous remarquez qu'elle n'a pu atteindre le bas de la montagne. Le courant avait peu d'importance; il s'est refroidi et durci avant d'arriver au pied de la pente.



Fig. 27. — Vue d'une coulée de lave sur un des volcans éteints de l'Auvergne.

Voyez maintenant la figure 27. La coulée de lave est ici beaucoup plus forte ; une des parois du cône volcanique s'est ouverte et vous laisse voir à l'intérieur du cratère d'où la lave s'est élancée pour recouvrir tout un versant. Chaque coulée de lave est donc une rivière de roche fondue qui s'échappe du sommet ou du flanc

d'un volcan. Comme une rivière ordinaire, elle gagne aussitôt l'excavation ou la vallée la plus proche et les fait souvent disparaître sous de vastes amas de lave. Comme les rivières aussi, ces coulées varient beaucoup de volume. Celle de la figure 26 était trop faible pour atteindre la base de la montagne, tandis que dans la fameuse éruption de Skaptar Jokul, en Islande, qui eut lieu en 1783, deux énormes courants s'élancèrent, le premier jusqu'à quarante-cinq milles et l'autre jusqu'à quarante milles du cratère. Leur largeur variait de sept à douze et quinze milles, et leur épaisseur de cent pieds jusqu'à six cents dans les vallées étroites.

La surface d'un courant de lave ordinaire, quand il s'est arrêté et refroidi, est un amas irrégulier de fragments noirs ou brun foncé qui rappellent les scories ou le mâchefer d'un fourneau. Au-dessous de cette surface rugueuse, la roche est plus compacte, ordinairement de couleur foncée, parsemée de cristaux et de soufflures (fig. 25). Dans certains cas, la lave, en se solidifiant, a pris la forme de colonnes d'un aspect curieux et remarquable. Les piliers de la grotte de Fingal, dans l'île de Staffa, et la

Chaussée des géants d'Antrim ont été formés de cette manière. Dans les deux cas la roche fut autrefois à l'état de lave fondue. En se refroi-

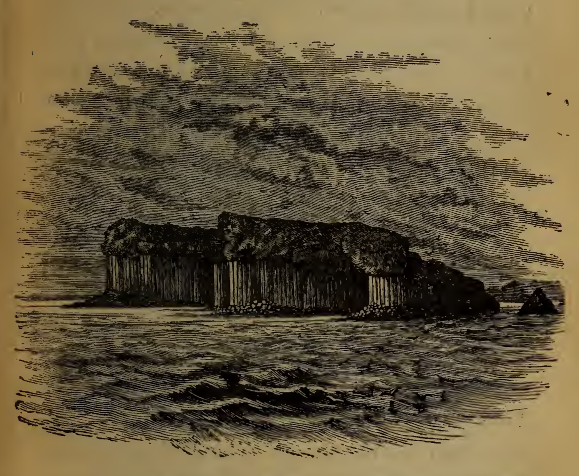


Fig. 28. — Vue de la grotte de Fingal, dans l'île de Staffa.

dissant et se solidifiant elle se contracta et se divisa ainsi en colonnes régulières.

Vous pouvez reproduire cet effet en agitant de l'amidon dans de l'eau chaude et en le laissant refroidir. A mesure que l'amidon prend la

forme solide, il affecte une disposition par colonnes qui ressemble assez à celle du basalte.

Voyons maintenant où l'on rencontre les roches de cette espèce. Vous devez naturellement vous attendre à les trouver sur les flancs d'un volcan en activité, et effectivement elles abondent sur la plupart des volcans, sur le Vésuve, l'Etna ou sur ceux d'Islande. Vous les trouvez aussi cependant autour de volcans éteints, par exemple dans la France centrale (fig. 27), et en parcourant le monde, vous les reconnaîtriez en des centaines d'endroits où depuis l'époque historique on n'a conservé le souvenir d'aucune éruption. Elles vous indiquent en réalité l'emplacement d'anciens volcans actifs et vous mettent à même, par leur présence, de prouver qu'à des époques fort reculées il exista de ces volcans dans des régions où s'étendent aujourd'hui des cités populeuses ou des champs fertiles.

Ainsi, quoiqu'il n'existe aujourd'hui aucun volcan en activité dans la Grande-Bretagne, on peut y retrouver la trace d'anciennes éruptions survenues longtemps avant que l'homme apparût sur la terre. C'est dans les Galles du Nord que se rencontrent les traces les plus anciennes d'une

action volcanique ; les lits de lave forment l'un des traits les plus apparents dans l'aspect de ce district accidenté. Beaucoup plus récentes sont les couches de laves diverses qui traversent le centre de l'Écosse et y composent la plupart des collines. Les derniers volcans de l'Angleterre furent ceux qui formaient une longue ligne depuis Antrim, en Irlande, jusqu'à l'Islande, en passant par les Hébrides et les îles Féroë. Les vastes terrasses d'Antrim, des îles Mull, Skye et Féroë ont été formées par des piliers de laves.

Il existe d'autres roches cristallines ignées que celles qui arrivent et coulent à la surface sous forme de lave fondue. Le granit, par exemple, que nous avons déjà examiné, est un admirable exemple du type cristallin, mais il semble qu'au lieu d'être venu se refroidir à la surface, il s'est cristallisé et refroidi à de grandes profondeurs sous des masses épaisses d'autres roches. Il forme cependant aujourd'hui de hautes montagnes dénudées. Beaucoup de montagnes des Highlands écossais, comme le Ben Nevis, le Ben Macdui et le Cairn Gorm, sont faites de granit. Il s'élève aussi à de grandes hauteurs au centre de la chaîne des Alpes. Le granit s'introduit sou-

vent en filons dans les rochers qui le surmontent et qui l'entourent, et ce fait seul démontre qu'il se trouva autrefois à l'état fluide ou pâteux.

Mais, demanderez-vous, si le granit ne s'est pas cristallisé à la surface, mais sous des masses d'autres roches, comment s'y trouve-t-il aujourd'hui et forme-t-il même la crête de montagnes élevées et nues ? La réponse à cette question n'est pas des plus aisées, mais vous finirez cependant par la découvrir en étudiant plus loin le chapitre qui traite de la croûte terrestre.

Roches ignées fragmentaires. — La figure 29 représente un fragment d'un lit de cendres volcaniques solidifiées. Vous remarquez qu'il est fait de débris irréguliers et anguleux. Ce sont de petits morceaux de lave et d'autres roches qui furent lancés en l'air par les éruptions du volcan. Vous observez aussi qu'en retombant sur le sol et en s'y accumulant, ils prirent une forme stratifiée. Le lit de gros fragments qui se trouve au fond est l'indice d'une pluie de cendres volcaniques grossières, tandis que la couche de fragments plus petits du dessus provient des pluies de poussière fine qui suivirent. C'est

sous de semblables matières que fut ensevelie l'ancienne ville romaine de Pompeï (*Géog. phys.*, p. 166). Elles tombèrent sur les maisons et dans les rues et les recouvrirent peu à peu, à mesure que l'éruption du volcan voisin se continuait. Les ouvriers qui déblayent aujourd'hui ces ruines trouvent les rues et les chambres remplies



Fig. 29. — Morceau d tuf volcanique, roche formée de cendres volcaniques solidifiées.

de cendres volcaniques grosses ou fines disposées comme le montre la figure 29.

Naturellement, si des cendres volcaniques tombent dans la mer ou dans un lac, elles vont se déposer au fond, où elles peuvent même recouvrir les débris de plantes et d'animaux qui s'y trouvaient au moment de l'éruption. Ce cas s'est souvent présenté dans le passé. Sur la mon-

tagne de Snowdon, dans les Galles, il existe encore des bancs de plusieurs centaines de pieds de cette poussière volcanique durcie, et en l'examinant bien vous y distinguez encore des coquillages et d'autres organismes marins qui vous montrent que ces matières volcaniques sont tombées dans la mer. On rencontre en Écosse également beaucoup de lits de même nature mêlés aux couches de houille. Ces amas de poussière et de pierres volcaniques agglomérées se désignent sous le nom de TUF.

II. — Leur origine.

Si je vous demandais de quelle source dérivent les roches ignées, vous me répondriez qu'elles viennent de ces régions du centre de la terre où règne une chaleur intense. Nous avons déjà parlé, dans la *Géographie physique*, de l'intérieur de la terre et de la haute température qui doit y régner. Je n'ai pas besoin de vous rappeler que nous ne voyons qu'une bien faible partie de la portion extérieure de notre planète, depuis le sommet de la plus haute

montagne jusqu'au fond de la mine la plus profonde. Nous allons appuyer un peu plus sur les preuves que nous possédons de l'existence d'une chaleur élevée à l'intérieur du globe et sur la relation qui rattache cette chaleur à certains mouvements et changements de la surface.

Si vous vous trouviez au fond d'une mine pro- onde en Angleterre, vous y trouveriez la température beaucoup plus chaude qu'à la surface. Cet accroissement de température se constate dans toutes les mines profondes de tous les pays du globe. Vous découvririez bientôt ainsi que la chaleur augmente avec la profondeur. De même, si vous creusiez dans la terre un trou étroit de plusieurs centaines de pieds et que vous y descendiez un thermomètre, vous verriez que le mercure s'élève dans le tube.

Des expériences de ce genre ont été faites sur toute la terre. Elles ont montré qu'à une distance variable et assez faible du sol nous atteignons une température qui reste la même toute l'année, et qu'au delà de cette limite la chaleur augmente d'environ 1° Fahrenheit par cinquante ou soixante pieds. Si cet accroissement se continue, nous atteindrions vite une chaleur insupportable. A deux

milles de profondeur, l'eau serait au point d'ébullition et à vingt-cinq ou trente milles les métaux

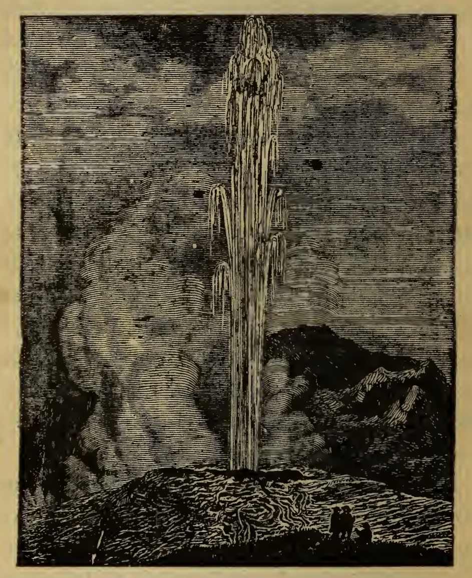


Fig. 30. — Vue de sources chaudes ou geysers, en Islande.

auraient la même températ r que celle à laquelle ils fondent à la surface. Ce f it nous prouve jusqu'à l'évidence que l'intérieur d notre planète

doit se trouver dans un état de chaleur intense.

Des preuves d'un autre genre nous amènent à la même conclusion. La ville de Bath a longtemps été célèbre pour ses puits. L'eau y sort de terre à une température de 120° Fahr., supérieure à celle d'un bain chaud ordinaire. Cette eau chaude



Fig. 31. — Le Vésuve au commencement de l'ère chrétienne.

arrive à la surface et s'écoule dans la mer depuis l'occupation romaine et sans doute depuis beaucoup plus longtemps.

On rencontre des SOURCES CHAUDES semblables dans beaucoup d'autres parties du monde. L'Islande, par exemple, en présente quelques exem-

ples remarquables, appelés *geysers*, d'où l'eau bouillante et la vapeur s'élancent par intervalles avec un grand bruit et s'élèvent très haut dans l'air (fig. 30). Pour entretenir ces sources chaudes sur tous les points du globe, il doit assurément exister un grand réservoir de chaleur à l'intérieur de la terre.

Mieux que les mines profondes et les sources d'eau chaude, les volcans vous donnent la preuve convaincante de cette haute température. Les vapeurs et les gaz brûlants qui s'élèvent du cratère des volcans, les torrents d'eau chaude qui sortent parfois de leurs flancs, les coulées de lave fondue qui descendent les pentes d'une montagne volcanique et vont brûler au loin les arbres, les récoltes, les jardins et les villages sont toutes preuves de la chaleur intense de l'intérieur de la terre.

Il existe aujourd'hui dans les différentes parties du monde environ 250 volcans lançant constamment ou par intervalles de la vapeur, des cendres brûlantes ou de la lave. Vous comprendrez comme ils sont largement distribués en étudiant sur une carte les lignes de volcans en activité (*Géog. phys.*, p. 168).

Tout d'abord, les volcans sont nombreux dans

toute la ligne de montagnes qui suit la côte occidentale du continent américain; certains d'entre eux atteignent de grandes hauteurs, comme le Cotopaxi (18,877 pieds).

Ils s'étendent de l'extrémité nord de l'Amérique,



Fig. 32. — Aspect actuel du Vésuve en activité.

en passant par les îles Aléoutiennes et le Japon, jusqu'à l'archipel malais, où ils abondent dans l'île de Java. De ce point, on peut les suivre à de grands intervalles dans la Nouvelle-Zélande d'une part, et de l'autre à travers l'Asie centrale en passant par la mer Rouge et la Méditerranée. La ligne remonte

alors sur l'Islande, redescend sur les Açores et traverse les Indes occidentales et le centre de l'Amérique. On rencontre les volcans jusqu'au milieu des neiges éternelles des régions australes et fort loin dans le cercle arctique, dans l'île de Jean-Mayen.

Outre ces volcans encore actifs, on en rencontre beaucoup d'autres où l'on n'a jamais vu d'éruptions et que pour cette raison on appelle volcans *dormants* ou *éteints*. Si vous relevez sur une carte la position de tous les volcans qui, soit de nos jours, soit dans le passé, ont vomi des gaz brûlants, de la vapeur, des cendres ou de la lave, vous ne trouverez à la surface de la terre que fort peu de régions où ne se constate la trace d'aucune action volcanique. L'Angleterre, par exemple, est maintenant entièrement débarrassée de toute perturbation de ce genre, et cependant, comme nous l'avons déjà dit, vous pourriez marquer sur la carte bien des points qui ont été le théâtre d'éruptions de longue durée. Les environs d'Exeter, le pays de Galles, le Derbyshire, le Cumberland en présentent quelques-uns. Le centre de l'Ecosse en est couvert, et les roches volcaniques y abondent; l'Irlande enfin en offre un certain nombre.

Vous en arrivez de la sorte à comprendre combien l'action volcanique a été universelle sur le globe et avec quelle puissance la chaleur intérieure s'est manifestée partout à la surface.

Les roches ignées ne sont pas la seule preuve de l'action de la chaleur intérieure sur la surface. On ne peut guère douter que les *tremblements de terre* soient dus principalement aux commotions qui prennent leur origine dans les effets de cette chaleur.

Vous me demanderez peut-être pourquoi, puisque l'intérieur de la planète est si chaud, il ne fond pas l'extérieur, ou du moins pourquoi la température de celui-ci n'est pas plus élevée ? On est presque certain qu'il y a plusieurs millions d'années le globe était infiniment plus chaud qu'à présent. Il ressemblait alors à notre soleil, dont il fit sans doute partie et dont il se détacha avec les autres planètes. Pendant l'intervalle immense qui nous sépare de cette époque, il s'est refroidi graduellement, et la chaleur centrale n'est que le reste de la chaleur ardente à laquelle tout le globe était porté. Les parties extérieures se sont refroidies et solidifiées; mais, mauvaises conductrices de la chaleur, elles ne laissent s'échapper

celle de l'intérieur dans l'espace qu'avec une extrême lenteur. Ainsi, en dépit de l'élévation de cette chaleur centrale, nous ne sentons pas qu'elle ait d'influence sur la surface extérieure du globe.

Pour éclaircir ce point, supposons que vous puissiez voir un volcan au moment où il vomit un courant de lave fondue. Au premier moment, ce torrent est porté à la chaleur blanche, et son éclat est tel que vous pouvez à peine y fixer les yeux. Quelques mètres plus loin, il commence à prendre une teinte rougeâtre, qui devient de plus en plus foncée, comme un charbon ardent qui tombe de la grille sur l'âtre. En même temps, la surface de la lave se refroidit et se solidifie si rapidement que peu de jours après vous pouvez y marcher, quoiqu'elle soit encore rouge à un ou deux pieds de profondeur. Si vous revoyez cette lave quelque douze ans plus tard, sa surface naturellement sera entièrement froide et vous présentera un amas de fragments de roche brillants et noirs.

Au cœur de la masse cependant, la roche sera peut être encore chaude, et vous pourrez même rencontrer des crevasses par où s'échap-

pent des tourbillons de vapeur et sur lesquelles vous ne pourriez porter la main sans la brûler. Si une simple coulée de lave prend si longtemps pour se refroidir jusqu'au centre, vous comprendrez facilement que la masse énorme de notre globe puisse conserver une chaleur intense après que son enveloppe extérieure s'est refroidie et solidifiée depuis de longues périodes.

Vous connaissez ce fait que les corps se dilatent quand ils sont chauffés et se contractent en se refroidissant. Quand la terre était beaucoup plus chaude qu'aujourd'hui, elle devait aussi occuper plus d'espace ; elle aussi s'est contractée en se refroidissant. Comme elle se refroidit encore, cette contraction se continue, mais avec tant de lenteur que nous ne nous en apercevons pas. Les effets en sont cependant bien visibles parmi les roches.

La contractiou ne pouvait manquer d'exercer une énorme pression sur l'enveloppe extérieure, qui, étant faite de matériaux fort différents, — roches sédimentaires, organiques et ignées, — a dû céder sous l'effort plus facilement à certaines places qu'à d'autres. De la sorte, un peu comme la peau d'une pomme desséchée et ridée, la sur-

face du globe s'est soulevée dans certaines régions, s'est enfoncée dans d'autres, en se broyant et se brisant. Nous étudierons dans le chapitre suivant les témoignages que nous avons de ces changements.

CHAPITRE VI

LA CROUTE TERRESTRE

I. — Soulèvements.

Nous avons maintenant achevé la première partie de notre tâche, qui était, comme nous l'avons annoncé au début, de rechercher quels sont les matériaux qui composent ce que nous avons appelé le grand pavement de pierre de la terre. Nous avons étudié la nature et la distribution des trois grandes classes de roches qui forment ce pavement. Nous avons vu dans cette étude que les roches ne sont pas disposées en couches minces comme un plancher en dessous duquel nous découvririons des matières différentes. Nous ne pouvons en trouver le fond. Si profonde que soit une mine, nous y rencontrons les mêmes roches

qu'on trouve ailleurs à la surface. Nous pouvons pénétrer aussi loin que possible dans les entrailles de la terre, sans cesser de traverser quelque espèce de roche.

Cette solide enveloppe de roches sur laquelle nous vivons, dans laquelle nous creusons des mines et d'où jaillissent les sources s'appelle la CROUTE ou l'ÉCORCE terrestre. On commença à employer ce nom quand on supposa que tout l'intérieur de la terre était rempli d'une masse liquide portée à une chaleur intense et recouverte d'une croûte extérieure refroidie et relativement mince. On a beaucoup discuté pour savoir si la masse intérieure est solide ou liquide ; mais tout le monde s'accorde à donner le nom de croûte terrestre à cette partie de la terre qu'on peut observer depuis le sommet de la plus haute montagne jusqu'au point où l'on peut raisonnablement supposer que finissent les roches.

Les roches qui composent cette croûte appartiennent principalement aux séries sédimentaires, un grand nombre aux séries organiques et un plus petit nombre, mais en proportion considérable encore, aux séries ignées. En Angleterre, par exemple, si nous pouvions entasser les diffé-

rentes séries de roches sédimentaires et organiques dans l'ordre où elles furent déposées, nous obtiendrions une masse d'au moins dix ou douze milles d'épaisseur. Aussi loin que l'homme a pu pénétrer dans ses profondeurs, la terre est faite de ces matériaux.

D'après ce que nous avons établi dans les pages qui précèdent, il est évident que beaucoup de ces roches n'occupent plus leur position première. Notre carrière, par exemple, nous a montré comment les roches où elle est pratiquée firent autrefois partie du fond de la mer. D'un autre côté, les couches de houille, ensevelies si profondément sous le sol, furent jadis des forêts verdoyantes, des jungles, à la surface. Comment le fond de la mer est-il devenu une terre ferme, comment une forêt de la surface a-t-elle pu se recouvrir de centaines de pieds de roche solide.

Commençons par rechercher comment une portion du fond de la mer a pu se trouver soulevée au-dessus des eaux, et, pour mieux éclaircir la chose, choisissons un des exemples les plus simples, exemple que beaucoup d'entre nous pourront vérifier par eux-mêmes.

Le long des côtes, sur une certaine partie des

Iles-Britanniques, s'étend une terrasse étroite bordée d'un côté par la mer et de l'autre par une falaise. Des ports de mer ont été bâtis sur cette terrasse, comme certaines parties de Glasgow, de



Fig. 33. — Vue d'une côte émergée.

Greenock et de Leith. Elle est si unie que des routes la parcourent sur toute sa longueur, traversant des champs de blé, des prairies et des villages.

Vous pouvez vous faire quelque idée de son

aspect général par la figure 33, qui montre comme cette terrasse est unie et peu élevée au-dessus de la mer. Du côté de la terre s'élève souvent une ligne de falaises percée de grottes, comme le représente la figure. Un coup d'œil jeté sur cette bande étroite qui serpente le long des falaises ne vous inspire-t-il pas aussitôt l'idée d'une ancienne ligne de côtes? Vous vous imaginez aisément la mer couvrant la terrasse et battant le pied des falaises.

Pourriez-vous prouver que ce n'est pas là une simple fantaisie de votre esprit? Voyons. Traversez la terrasse, et examinez attentivement les excavations que nous vous avons signalées. Comment toutes ces grottes ont-elles été creusées dans le roc solide suivant une même ligne et exactement au même niveau, de telle sorte que le sol de chacune s'ouvre justement au niveau de la terrasse? Visitons une de ces grottes. Le lierre et le chèvrefeuille masquent l'entrée de leurs festons, et vous devez vous frayer un chemin à travers d'épaisses broussailles. Parvenu enfin sur le sol de la caverne, vous voyez qu'il est couvert de pierres roulées et arrondies. Le toit est tapissé de fougères, de mousses et d'hépatiques, et les

parois elles-mêmes disparaissent sous un tapis de verdure, mais la roche nue se montre en beaucoup d'endroits, et vous remarquez sur sa surface polie les mêmes traces du travail de l'eau que sur les pierres qui sont sous vos pieds. Jetez maintenant les yeux sur le mur extérieur de la falaise. Les fragments que le temps en détache laissent derrière eux des aspérités aux arêtes vives. L'usure des parois de la grotte, les aspérités de la falaise sont dues à deux causes.

L'explication de cette différence apparaîtra clairement si vous vous souvenez de ce qui a lieu quand le pied d'une falaise est battu par les vagues. Vous avez vu comment les roches, partout où les vagues peuvent les atteindre, sont polies par le frottement incessant des pierres et du gravier. Toutes les excavations qui subissent cette action du gravier s'usent de la même manière. Une seule matinée passée sur une de ces côtes vous montrera de façon à ne plus l'oublier la manière dont la surface des roches est polie par les vagues. Celles qui se trouvent hors d'atteinte de la haute mer subissent l'influence d'autres forces. La pluie, la gelée, les sources se combinent pour dégrader la falaise dont elles

détachent des fragments et à qui elles finissent par donner cet aspect abrupt qui contraste si fort avec les roches polies du bas.

Après avoir observé de la sorte ce qui se passe aujourd'hui le long des côtes, vous ne douterez plus que la muraille qui borde notre terrasse du côté des terres ne fût autrefois une falaise ma-

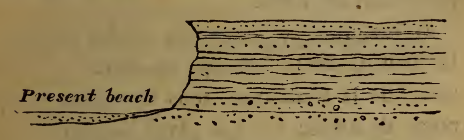


Fig. 34. — Section d'une plage émergée.

rine battue par les vagues, qui creusèrent dans sa base, comme elles le font encore ailleurs, une ligne de cavernes. Cette falaise devient ainsi pour vous une ancienne ligne de côtes.

La terrasse peut d'ailleurs vous offrir encore d'autres preuves de la présence de la mer. Le sol y est fait de sable et de gravier, renfermant souvent d'abondantes coquilles. En examinant le bord extérieur que la mer emporte peu à peu, vous voyez que le sable et le gravier y sont disposés en couches, exactement comme ils le sont plus bas sur la plage, et que les coquilles appartien-

nent aux espèces communes qu'abandonne chaque marée sur la plage. Vous découvrez qu'en réalité la terrasse est simplement une plage ancienne, et que les matériaux en ont été fournis par la mer alors qu'elle creusait les grottes dans le pied de la falaise. Ce double témoignage s'accorde pour prouver un changement dans l'emplacement des côtes.

En mesurant la hauteur du sol des cavernes et la hauteur de la terrasse au-dessus du niveau actuel de la haute mer, vous trouveriez la différence de niveau entre la plage nouvelle et l'ancienne. En supposant que cette différence soit de vingt pieds, il est évident que la terre doit s'être élevée ou la mer s'être abaissée d'une hauteur de vingt pieds.

Quand vous contemplez l'agitation de l'Océan avec son flux et son reflux, ses vagues et ses courants, et que vous comparez à ce mouvement incessant l'immobilité de la terre, vous supposez naturellement que, si quelque changement s'est produit dans la position relative de la terre et de la mer, il est vraisemblable que c'est cette dernière qui a changé de place. Réfléchissez cependant aux conséquences d'un changement du niveau

de la mer en quelque endroit. Si j'approfondis un étang à l'une de ses extrémités, le niveau de l'eau baissera-t-il seulement en ce point? Assurément non; il baissera sur toute l'étendue de l'étang. De même, si je vide dans l'étang une certaine quantité de pierres et de terre, de façon à diminuer beaucoup la profondeur en cet endroit, élevé-je seulement en ce point le niveau de l'eau? D'aucune façon; l'influence de l'opération s'étend à tout l'étang, dont le niveau s'élève uniformément.

Représentez-vous au lieu de cela l'immensité de l'Océan. Tout changement local dans son niveau doit nécessairement s'étendre à tout le globe, jusqu'à ce que l'uniformité de ce niveau soit partout rétablie. Si la mer s'est retirée de notre terrasse (fig. 33 et 34) sur une hauteur de vingt pieds, il doit y avoir eu en même temps un abaissement du niveau de la mer sur le monde entier. S'il en est ainsi, comment s'assurer du fait?

Evidemment, si la terrasse avait été formée par un affaissement du fond de la mer, vous la retrouveriez tout autour du globe. Vous n'auriez pas à pousser loin vos recherches pour découvrir que tel n'est point le cas. Vous en verriez assez,

même sur les côtes d'Angleterre, pour vous montrer qu'il ne s'est produit aucun abaissement général de l'Océan. Une grande partie de ces côtes ne nous présente aucune terrasse, et celles que nous rencontrons dans certains districts n'ont pas toutes la même hauteur.

Parfois aussi, ces terrasses s'élèvent les unes au-dessus des autres, et chacune d'elles indique une ancienne ligne de côtes.

On en rencontre en Norwège de très bien marquées, s'élevant à plusieurs centaines de pieds de hauteur (fig. 35). Elles paraissent à première vue parfaitement horizontales; mais, en les mesurant exactement, on trouve qu'elles s'élèvent légèrement en s'avançant vers l'intérieur des terres.

Ces différences de niveau, souvent sur une courte distance, prouvent qu'il s'est produit autre chose qu'un simple abaissement de la mer, car, si telle eût été la cause de la formation des terrasses, elles seraient toutes horizontales comme la surface de la mer elle-même, et on en retrouverait au moins des traces à des hauteurs correspondantes, tant dans notre pays que partout ailleurs.

Si étrange que la chose puisse vous paraître, il

est néanmoins vrai que *c'est la terre qui s'élève* et non la mer qui s'abaisse. On comprend facilement alors pourquoi l'on rencontre des terrasses dans certains pays et non dans d'autres et com-



Fig. 35. — Terrasses de l'Alten Fjord, en Norwège.

ment la même terrasse peut varier de hauteur en différents points de sa surface. L'ancienne terrasse marine s'appelle PLAGE ÉMERGÉE, parce qu'elle est composée de sable, de gravier et d'autres dépôts qui ont été soulevés au-dessus du niveau de la mer. Chacune de ces plages émergées indique

une limite ancienne de l'Océan et un soulèvement qui l'a transformée en terre ferme. Quand il s'en présente plusieurs les unes au-dessus des autres, comme en Norwège (fig. 35), elles nous montrent comment la terre s'est soulevée par intervalles pendant une longue période ; le temps de repos entre deux soulèvements est indiqué par chaque terrasse ou plage émergée. Naturellement, le plateau le plus élevé est aussi le plus ancien, et pour cette raison il est souvent moins bien conservé que les autres, parce qu'il a souffert davantage de la pluie, de la gelée et des courants qui ne cessent de désagréger la surface.

Dans certaines parties du monde, nous pouvons même être témoins du soulèvement du sol. Au sud-est de la Suède, par exemple, on a marqué certaines roches au niveau de la haute mer, et après un certain nombre d'années on a constaté que ces marques s'étaient considérablement relevées. On a conclu de ces observations que sur ce point la terre s'élève environ de deux ou trois pieds par siècle. C'est là, semble-t-il, un mouvement très lent, appréciable seulement par un mesurage précis; mais cependant, dans mille ans d'ici, la plage actuelle se sera élevée de vingt

ou trente pieds au-dessus du niveau de la mer.

Vous voyez donc que le soulèvement du fond de la mer, si étrange que cela puisse paraître, n'appartient pas tout à fait au passé. Il se continue lentement de nos jours sur plusieurs points du globe. De même que la côte de Suède se soulève sans violence ni cataclysme, la transformation du fond de la mer en terre ferme doit s'être produite aux époques passées d'une façon lente et tranquille.

Partout les roches fournissent des preuves abondantes de soulèvements fréquents. Ce sont principalement, comme vous le savez, des débris de coraux, d'étoiles de mer, de coquillages et d'autres animaux marins, incrustés dans les roches. La hauteur où se trouvent ces débris nous donne quelque idée de l'étendue du soulèvement. Les coquilles de notre plage émergée (page 139) n'indiquaient qu'un exhaussement de vingt pieds; mais si vous rencontrez ces mêmes coquilles à une hauteur de vingt mille pieds, vous devrez en conclure que le fond de la mer s'est soulevé au moins jusque-là.

On peut ainsi prouver que la plus grande partie de la terre ferme s'est élevée hors de la mer

morceau par morceau, et que ces mouvements ont été loin d'être uniformes, puisque certaines parties ont été soulevées à des hauteurs beaucoup plus grandes que d'autres.

II. — Affaissements.

Nous venons de constater les faits qui nous montrent qu'à certaines époques la surface du globe s'est soulevée, de façon à assécher des portions du fond de la mer. D'autres mouvements, d'une espèce diamétralement opposée, ont transformé des parties de la terre en fonds sous-marins. Recherchons les preuves de ces dépressions en prenant, comme tout à l'heure, nos exemples dans des endroits qu'on peut facilement visiter, dans notre pays.

Sur certains points des côtes d'Angleterre, comme par exemple sur les côtes du Devon et de Cornouaille et sur celles de l'estuaire du Tay, on constate un fait très curieux entre la marée haute et la marée basse. On voit saillir sur le sable uni de la plage un grand nombre de tronçons noirâtres qui ne sont autres que des souches

d'arbres. En creusant le sable de la plage, vous rencontrez une couche de terre noire où sont plantées les souches et dans laquelle vous pourrez recueillir des noisettes, des feuilles, des branches et quelquefois le corselet d'un scarabée ou quelque ossement d'un animal terrestre. En

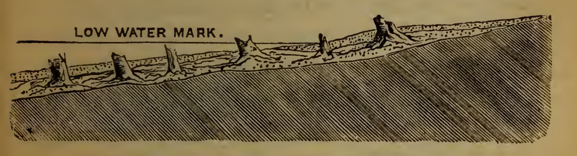


Fig. 36. — Section d'une forêt submergée.

examinant toutes les souches de la plage, vous voyez qu'elles ont toutes la position verticale, naturelle aux arbres. La terre noirâtre où s'étendent leurs racines est évidemment un sol ancien dans lequel on ramasse aujourd'hui les feuilles, les branches et les fruits de ces arbres, avec les débris des insectes qui vivaient à leurs dépens. Les souches du rivage ont évidemment fait partie autrefois d'un bois ou d'une forêt.

Mais ces arbres ont-ils jamais pu pousser à l'endroit où se trouvent aujourd'hui leurs restes? Aucunement. Le noisetier, le bouleau, l'aune, le

chêne, qui ont fourni la plupart de ces souches, périraient bien vite si leurs racines et leurs troncs étaient plongés dans la mer d'une façon permanente. Vous n'avez jamais vu aucun de ces arbres croître au-dessous du niveau de l'eau, et vous ne pouvez supposer qu'ils l'aient jamais fait. Ainsi donc, si les arbres de la plage ont poussé à l'endroit où on les découvre et s'ils n'ont pu croître dans la mer, ou celle-ci a dû s'élever pour les recouvrir, ou la terre a dû s'enfoncer pour les submerger. Nous avons vu, d'autre part, que dans tous ces changements de niveau nous ne pouvons admettre que la mer ait altéré le sien d'une façon appréciable, et nous devons en conclure que la submersion des arbres fut due à un enfoncement de la terre. Ces *forêts submergées* doivent donc être regardées comme la preuve d'un affaissement du sol, de même que les plages émergées servent à prouver son soulèvement.

Vous devez comprendre qu'il est plus difficile d'établir un affaissement qu'un soulèvement du sol. Quand un territoire est recouvert par la mer, les vagues effacent peu à peu toute trace de la surface ancienne, comme elles le font maintenant pour les forêts submergées ; tandis

qu'au contraire, quand le fond de la mer se transforme en terre ferme, il reste toujours les plages émergées et les cavernes pour indiquer l'espace que recouvrait autrefois l'eau salée.

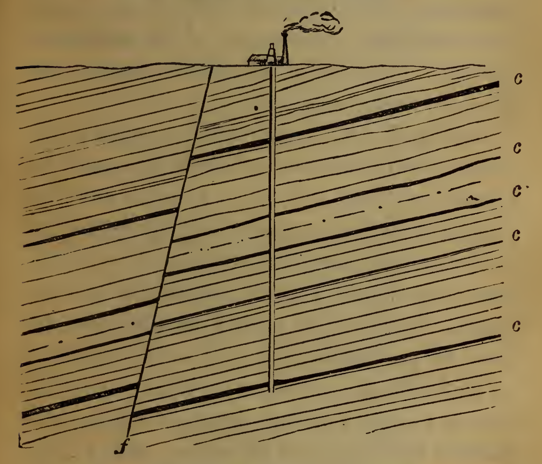


Fig. 37. — Coupe d'une houillère. *c*, couches de houille; *f*, faille ou rupture des roches.

On a observé dans différentes parties du globe que la mer semble s'élever graduellement sur la terre. En réalité, c'est la terre qui s'enfonce sous la mer.

La partie méridionale du Groënland, par exemple, n'a cessé de s'enfoncer lentement pendant les derniers siècles sur une étendue de plusieurs centaines de milles ; des roches qui se trouvaient autrefois hors de l'atteinte des marées sont maintenant submergées, et les habitations riveraines ont dû être reculées à plusieurs reprises à l'intérieur des terres.

Nous avons déjà donné dans les pages précédentes d'autres preuves du même fait. Ainsi, les couches de houille qui étaient autrefois de vertes forêts à la surface se retrouvent aujourd'hui enterrées profondément dans le sol. Comment expliquer ce fait ? Dans beaucoup de parties de l'Angleterre, les mines de houille ont plus de mille pieds de profondeur, et l'on retrouve cependant au fond de toutes ces mines les couches qui, nous l'avons vu, ne sont que d'anciens marais, des jungles. En examinant les roches qu'il a fallu traverser pour creuser le puits de la houillère, vous rencontrez dans la plupart des cas d'autres couches que celle du fond. On exploite même quelquefois plusieurs couches à des niveaux différents dans le même puits. La coupe de la figure 37 vous montre leur position et la façon

dont les roches sont superposées. Vous remar-

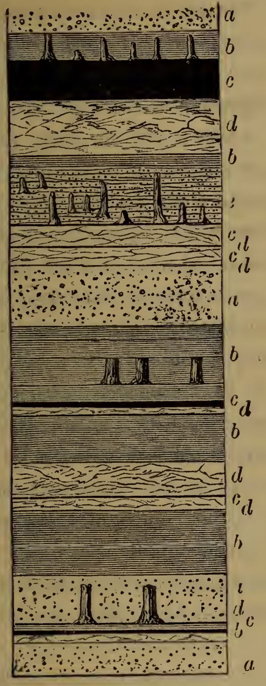


Fig. 38. — Section d'une partie des gisements du cap Breton. *a*, grès ; *b* et *e*, schistes ; *c*, couches de houille ; *d*, veines d'argiles ou sols.

querez que la veine où le puits s'est arrêté est la cinquième de la série, mais on l'a sans doute choisie parce que la houille est de meilleure qualité que celle des quatre autres et procure par conséquent plus de bénéfices.

Cette couche, qui ne nous montre que ce qu'on peut rencontrer dans toutes les houillères, nous apprend aussi que l'étrange révolution par laquelle une forêt vigoureuse s'est trouvée enterrée sous le sol n'est pas un fait isolé et a dû se reproduire souvent. En effet, chaque couche de houille fut évidemment autrefois une plaine verdoyante, chauffée par le soleil, couverte d'arbres et de fougères gracieuses. Bien plus, outre le témoignage des veines, on rencontre quelquefois des traces d'arbres changés en pierre, au milieu des grès et des schistes et dans la position qu'ils occupaient autrefois. Leurs racines sont encore incrustées dans l'ancien sol.

Les couches inférieures sont naturellement les plus anciennes. Les veines les plus basses doivent donc avoir été ensevelies avant que les forêts plus récentes pussent croître au même endroit. Elles se sont formées sans doute dans une vaste plaine marécageuse, recouverte

par les eaux quand le sol s'enfonçait. Le sable et le limon, charriés par les eaux, se déposaient sur la forêt submergée et y formaient ces lits de sédiments qui, sous forme de grès et de schistes, recouvrent aujourd'hui la houille. Le sable et le limon transportés dans cette nappe d'eau peu profonde devaient finir par la remplir; quand le fond boueux revenait à la surface, une nouvelle masse de végétation y prenait racine et y croissait aussi vigoureusement que la forêt ensevelie. Mais alors l'affaissement du sol se manifestait de nouveau, et cette seconde forêt, disparaissant sous l'eau, se recouvrait de nouveaux amas de sable et de limon.

Nous voyons ainsi que nos couches de houille furent formées dans ces régions qui s'enfonçaient, et que ce mouvement de descente n'était pas continu et se produisait par intervalles. Le fait que l'épaisseur des assises d'un gisement houiller atteint plusieurs mille pieds indique qu'il a fallu pour leur formation de longues périodes de temps.

Deux choses sont donc bien évidentes relativement à l'écorce terrestre : la première, qu'elle a souvent été soulevée de façon à s'élever au-

dessus du niveau de la mer; la seconde, qu'elle s'est aussi souvent affaissée au-dessous de ce niveau, certaines parties restant submergées. Ces mouvements n'ont pu s'effectuer sans amener d'autres changements que nous allons examiner.

III. — Dislocations.

Si vous réfléchissez aux mouvements que nous venons de décrire et au grand nombre de fois que l'écorce terrestre les a subis, vous ne serez pas surpris de découvrir que les roches se sont bouleversées et brisées. La croûte terrestre, au lieu d'être faite de couches régulières superposées comme les tuniques d'un oignon, a été tellement disloquée et rompue que dans beaucoup de cas les roches les plus anciennes ont été soulevées au-dessus des nouvelles. Pour mieux éclaircir le fait, nous commencerons comme toujours par le cas le plus simple.

Reportez un instant les yeux sur la vue et la coupe de la plage émergée (fig. 33 et 34). Les lits anciens de sable et de gravier ont été évidemment soulevés au-dessus de leur niveau pri-

mitif, mais sans être autrement dérangés. Ils sont toujours disposés horizontalement. En est-il de même cependant sur toute la terrasse ? Rappelez-vous que nous avons constaté que cette terrasse ne s'étendait pas sur tout le pays. Elle disparaît dans certaines directions, et par conséquent le soulèvement qui lui donna naissance fut local et non universel. Il est evident que, malgré l'uniformité de ce soulèvement, qui laissa subsister sur plusieurs milles le niveau de la plage émergée, il doit exister entre les couches horizontales qui furent soulevées et celles qui restèrent en dehors de ce mouvement un espace plus ou moins court où les couches sont inclinées pour se raccorder.

Pour mieux comprendre la chose, plaçons sur une table un certain nombre de morceaux d'étoffe, représentant les différentes assises dont nous parlons. Les morceaux de drap sont disposés horizontalement, comme les strates. Si nous les soulevons d'un côté, ils s'inclineront pour rejoindre la partie restée en place. Placez par exemple au-dessous de vos étoffes une assiette plate, de façon à soulever une surfacs considérable. Au-dessus de l'assiette, les étoffee

sont horizontales comme les assises de notre plage émergée; mais, de ce plateau élevé jusqu'aux parties demeurées en place, elles sont inclinées. Vous voyez donc comment un soulèvement local, quoiqu'il puisse affecter les strates sur une vaste étendue sans troubler leur horizontalité, doit cependant donner naissance à une inclinaison des bancs aux endroits où s'arrête le mouvement.

Toutes les fois par conséquent que des strates sont soulevées ou abaissées en un point plus qu'en d'autres, sans être tout à fait brisées, elles doivent prendre une position inclinée. Ce genre de mouvement inégal et irrégulier s'est produit très souvent sur tous les points du globe. Dans notre pays comme partout, les roches stratifiées sont rarement horizontales ; elles s'inclinent d'ordinaire parfois doucement, parfois brusquement, montrant qu'elles furent soulevées hors de la mer d'une manière irrégulière et inégale.

Dans la carrière que nous avons visitée (p. 73), les strates étaient horizontales, mais le plus souvent elles sont disposées comme dans la figure 39; la partie de droite s'est soulevée, ou la partie de gauche s'est abaissée plus que les autres.

En quelques endroits, les roches sont tellement

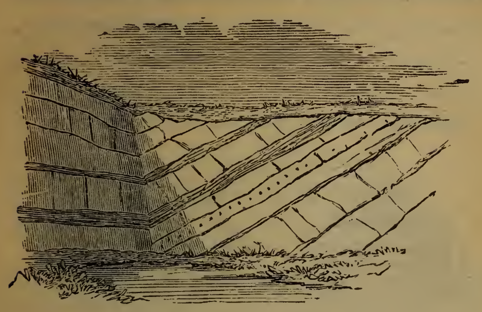


Fig. 39. — Strates inclinées.

relevées qu'elles occupent une position verticale, comme des livres sur un rayon.

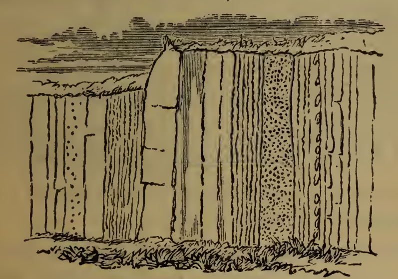


Fig. 40. — Strates verticales.

Comme elles ont été formées par un sédiment

sur un terrain plat ou très peu incliné, vous voyez aussitôt qu'elles n'ont pu prendre leur position actuelle qu'à la suite de changements souterrains.

Mais ce n'est pas tout. Si vous aviez comprimé

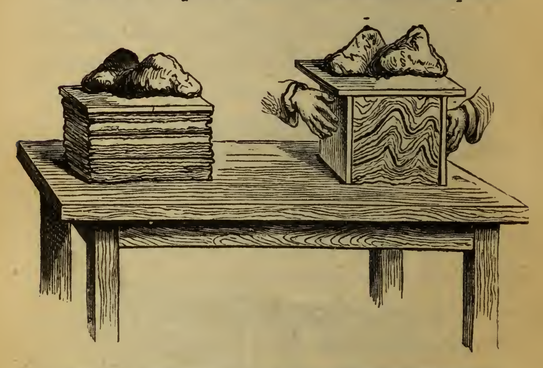


Fig. 41. — Expérience montrant le plissement des strates.

par les deux bouts les morceaux d'étoffe dont nous parlions tout à l'heure, vous auriez vu des ondulations s'y produire (fig. 41).

On retrouve ces ondulations en grand nombre dans les strates soulevées. Dans la figure 42, par exemple, on voit que les roches dures sont repliées et plissées comme de simples étoffes,

Quelle énorme pression n'a-t-il pas fallu pour leur faire prendre cette forme!

Il y a cependant une différence à constater entre les étoffes et les strates. Les premières



Fig. 42. — Plissement des strates

sont molles et flexibles, les autres sont dures et rigides. Nous pouvons cependant courber un peu les roches les plus résistantes, et, si nous atteignons ce résultat avec la force relativement fai-

ble dont nous pouvons disposer, il nous est facile de voir comment, sous l'énorme pression qu'elles subirent dans les profondeurs de la terre avant d'être soulevées, les roches ont été repliées comme de simples pièces d'étoffe.

Il arrivait cependant quelquefois un point où elles se brisaient plutôt que de se courber davantage. Des fissures se formaient alors, et les strates se relevaient ou s'enfonçaient.

Une de ces fentes ou FAILLES est représentée en *f* dans la figure 37. Les couches de houille et les strates interposées se sont brisées, et celles qui se trouvent d'un côté de la fente sont à un niveau plus bas que les autres. Les dislocations de ce genre se présentent si fréquemment que toute la surface de la terre peut être regardée comme un réseau de fissures. Elles contrarient beaucoup le travail des mines, comme on peut s'en assurer dans la figure 37, où les galeries chassées dans les veines à la gauche du puits doivent changer de direction en arrivant sur la faille.

Il est souvent arrivé que des masses de roches fondues ou ignées de l'intérieur ont été refoulées dans les fissures ainsi formées, en soulevant et en écartant les autres roches.

Dans la coupe de la figure 43, deux dislocations de ce genre se sont produites avec une série de roches stratifiées, en déplaçant trois groupes différents A, B et C. Une masse de roche ignée I

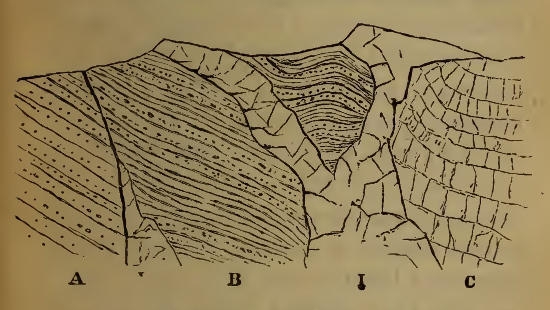


Fig. 43. — Roche ignée refoulée dans les fissures

s'est frayé un chemin jusqu'à une certaine distance dans l'une de ces fissures. Dans l'autre, celle de droite, une quantité beaucoup plus considérable de roche fondue sépara complètement en s'élevant les roches stratifiées B et C, divisa en deux le groupe B et finit par s'élever jusqu'à la surface actuelle de la terre.

IV. — L'origine des montagnes.

On entend souvent parler des « montagnes éternelles », comme si elles existaient depuis le commencement de l'histoire du monde. Il est certain que, de tout ce qui se trouve à la surface du globe, ce sont les montagnes qui donnent le mieux à l'esprit l'impression d'une antiquité reculée. Aussi loin que remonte l'histoire ou la tradition, les montagnes n'ont subi aucun changement sensible, et, comme elles sont toujours apparues à l'homme sous leur aspect actuel, il est porté à les regarder comme des parties de l'architecture originelle de notre planète.

Cependant, d'après ce que nous avons appris précédemment, vous constaterez sans étonnement que, si anciennes que soient sans doute les montagnes, elles ne remontent pas au commencement des choses. Il est possible encore de retrouver leur origine et de rétablir les annales d'une époque antérieure à leur formation. Vous comprenez aussitôt qu'on ne peut puiser cette connaissance que dans l'examen des roches qui constituent les montagnes. Vous savez déjà com-

ment les roches nous ont raconté leur propre histoire, et nous ne faisons que suivre le même raisonnement en recherchant ce qu'elles nous disent sur l'origine des montagnes.

Tout d'abord, en examinant n'importe quelle chaîne de montagnes, on trouve qu'elle est formée de roches appartenant à l'une ou à plusieurs des trois grandes classes que vous connaissez déjà. La masse principale, presque toujours, consiste en diverses espèces de roches stratifiées, telles que des grès, des conglomérats, des calcaires, etc. Elles contiennent souvent des coquilles, des coraux, des oursins et d'autres animaux marins, et ces fossiles se retrouvent jusque dans les roches qui forment le sommet des montagnes. Il ne faut pas d'autre preuve pour montrer que ces montagnes ne sont pas aussi vieilles que « le commencement des choses », car ces fossiles indiquent que les océans roulaient autrefois leurs flots sur l'emplacement qu'elles occupent aujourd'hui.

De plus, les montagnes, qui sont faites de roches formées d'abord sous la mer, doivent évidemment leur existence à quelque force qui transforma le fond de la mer en terre ferme.

Nous avons déjà fait allusion à cette force. Comme conséquence du refroidissement lent de notre planète, sa croûte extérieure, sous l'énorme effort de la contraction, a dû former en certains endroits des faîtes, comprenant entre eux de vastes espaces déprimés. Les faîtes forment les chaînes de montagnes; les espaces déprimés sont remplis par les eaux de l'Océan. A l'aide d'une carte, vous pouvez suivre sur tout le globe les *lignes d'élévation*, comme on les appelle. Le plus remarquable peut-être de tous ces plissements est la longue ligne de montagnes qui court d'un bout à l'autre du continent américain. Vous remarquez que les différentes branches des montagnes Rocheuses de l'Amérique centrale et de la Cordillière des Andes se prolongent en une vaste ligne d'élévation. D'autres plissements moins importants sillonnent le même continent, comme par exemple la chaîne des Alleghanis, dans la partie orientale des États-Unis.

Nous avons en Europe une ligne d'élévation qui s'étend à travers le continent et se ramifie dans sa route. Elle commence par les Pyrénées, se poursuit dans les Alpes, et de là, après s'être ramifiée au sud dans les Apennins, elle se dirige

à l'est par la chaîne des Carpathes et atteint la mer Caspienne par le Caucase. Elle reparaît au delà de cette mer intérieure et traverse le vaste continent asiatique suivant deux directions divergentes, dont l'une tourne au sud-est et forme l'Himalaya, tandis que l'autre incline à l'est, traverse le grand plateau d'Asie et vient s'arrêter aux côtes de l'océan Pacifique. Quand vous songez que ces énormes chaînes de montagnes sont

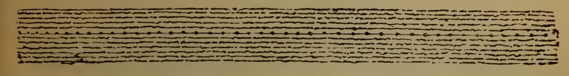


Fig. 44. — Section d'une série de roches sédimentaires déposées horizontalement au fond de la mer.

le résultat du refroidissement et de la contraction de la masse du globe, vous commencez à comprendre combien doit être énorme la force qui peut soulever des roches solides sur des milliers de milles de longueur et des milliers de pieds de hauteur.

Comme le globe s'est refroidi et contracté dès le début, nous devons nous attendre à constater que les montagnes ont été soulevées à différentes époques et qu'elles sont par conséquent d'âges différents. Un coup d'œil jeté sur les roches suffit

pour nous montrer que non seulement il en est ainsi, mais encore que la même montagne n'a pas été formée entièrement en une seule fois et qu'une de ses parties a été soulevée longtemps après l'autre.

Supposons par exemple qu'une série de roches sédimentaires ordinaires, telles que le grès, le conglomérat et l'argile décrits dans les chapitres précédents, ait été déposée sur le fond

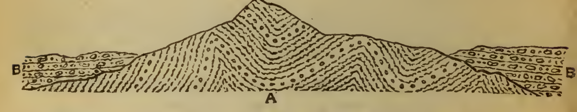


Fig. 45. — Coupe d'une montagne formée de roches A plissées et relevées avant le dépôt des roches horizontales B.

de la mer. Ces roches seront disposées en lits horizontaux les unes au-dessus des autres (fig. 44) et finiront par s'accumuler en une masse de plusieurs milliers de pieds d'épaisseur peut-être. Elles peuvent rester longtemps en repos. Supposons cependant qu'elles se trouvent sur l'une de ces parties moins épaisses de la croûte terrestre où commencent à se faire sentir les effets de la longue contraction de la masse et qui sont refoulées par l'affaissement des espaces voisins.

Repoussées par la pression de ces surfaces qui s'enfoncent, les roches autrefois horizontales se plisseront comme nos morceaux d'étoffe et se soulèveront au-dessus du niveau des régions voisines (fig. 45). Un faîte ou une chaîne de montagnes s'élève ainsi à la surface de la terre.

Cette chaîne formée de roches sédimentaires A, autrefois horizontales, aujourd'hui contournées, ne peut s'élever dans l'atmosphère sans



Fig. 46. — Coupe d'une montagne où les roches A furent soulevées avant la série B, et celle-ci avant la série C.

devenir la proie des différentes forces qui, nous l'avons vu, sont incessamment à l'œuvre pour désagréger la surface du globe. L'air, la pluie, les sources, les rivières, les gelées, les vagues de la mer attaquent la montagne nouvellement formée et commencent à dévaster sa surface aussitôt qu'elle dresse la tête au-dessus du niveau de l'Océan. Des tranchées profondes finissent par se creuser dans ses flancs, et tous les débris qui

en proviennent sont entraînés sur les parties plus basses. Ils y forment de nouveaux dépôts qui recouvrent les roches plus anciennes, comme on le voit dans la figure 45, où la série nouvelle B repose sur la plus ancienne A.

Une coupe de ce genre vous permet de déterminer, d'une façon relative au moins, l'âge de la montagne. Vous pouvez affirmer d'une manière positive : 1° qu'il fut un temps où la montagne n'existait pas et où son emplacement était occupé par une mer où furent déposées les roches sédimentaires A ; 2° que la montagne fut formée par le relèvement de ces roches, et cela avant qu'aucune des roches de la série B fût formée ; 3° qu'après la formation des strates B toute la masse en se soulevant transforma ces strates en terre ferme.

Supposons maintenant qu'en un autre point de la chaîne nous découvrions un arrangement des roches semblable à celui de la figure 46. Ici encore, nous voyons que la série A fut bouleversée avant que la série B fût déposée sur elle ; mais, dans le cas présent, la série B elle-même a été dérangée de sa première position horizontale. Une montagne semblable indique trois pé-

riodes successives de soulèvement, la première antérieure à B, le seconde antérieure à C, la troisième enfin postérieure à C, puisqu'elle transforma en terre cette série de strates.

C'est de cette façon qu'on détermine l'âge relatif des chaînes de montagnes. Toutes les fois que vous rencontrez des roches sédimentaires relevées ou plissées, vous savez qu'elles ont été bouleversées, et, quand leurs arêtes brisées sont recouvertes par d'autres roches, vous en concluez que le soulèvement a précédé la seconde série.

Si vous trouviez le moyen de reconnaître la même série de roches dans les différents pays, si par exemple vous étiez certain que les groupes A et B des figures 45 et 46 se rencontrent à la fois en Angleterre et en Allemagne, vous pourriez alors comparer l'âge relatif des montagnes de ces deux pays. Si d'un côté une montagne offre la structure représentée dans la figure 46 et que de l'autre une montagne formée des mêmes séries de roches est construite comme la figure 45, vous en conclurez que la première est plus récente que la seconde, ou plutôt qu'elle a subi un soulèvement après celle-ci.

Nous verrons un peu plus loin comment les géologues identifient les séries de roches dans les différents pays, c'est-à-dire à l'aide des fossiles. Ce genre de preuves permet de décider quelles sont les chaînes les plus anciennes et les plus récentes. Nous apprenons ainsi que les Alpes géantes qui dominent de si haut les plaines d'Europe sont moins anciennes que plus d'une verte colline des Galles ou de l'Ecosse.

Des sections comme celles des figures 45 et 46 révèlent encore un autre fait important et singulier. La série des roches A est dans les deux cas la partie la plus ancienne de la montagne. Vous pourriez supposer naturellement que ces assises primitives doivent être enterrées profondément sous les autres. On trouve cependant qu'il n'en est pas toujours ainsi et que, comme dans les deux cas que nous avons supposés, elles peuvent avoir été soulevées de façon à former les arêtes et les pics les plus élevés.

Si vous examinez cependant les flancs de la montagne, vous voyez que les roches anciennes passent réellement sous les plus récentes, comme la série A du dessin passe sous la série B.

L'érosion de la surface terrestre est si con-

stante et si étendue qu'avec le temps chaque chaîne de montagnes subit de nombreux et grands changements. Les versants et les sommets se dégradent et s'écroulent. Les crêtes se

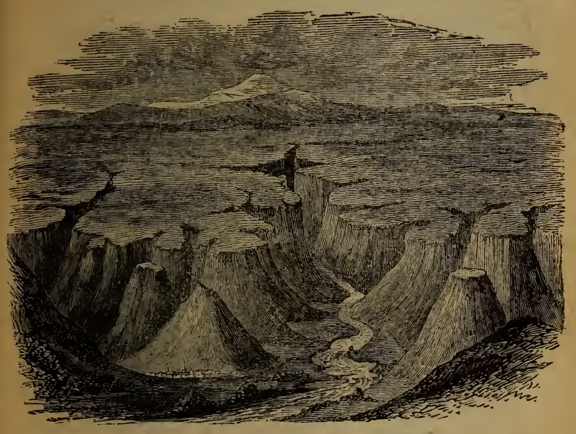


Fig. 47. — Vue d'un plateau découpé en ravin par les cours d'eau.

divisent en aiguilles à mesure que la pluie et la gelée exercent sur elles leur action séculaire. Des blocs de roches se détachent de ses flancs ; des ravins et des gorges, des vallons, des vallées même se creusent dans ses roches sous le cours

incessant des ruisseaux et des rivières. La ligne d'élévation primitive subsiste, mais la région soulevée se découpe en arêtes et en vallées innombrables à mesure que la désagrégation se poursuit.

Les effets de cette action ont été si énormes à la surface de la terre que de grands plateaux, des masses épaisses de hautes terres ont été découpées en arêtes et en collines détachées. Vous pouvez suivre pour ainsi dire, dans la figure 47, les progrès de l'excavation. Le dessin représente une partie d'un plateau de l'Espagne. Les cours d'eau, à mesure qu'ils descendent et grossissent, creusent dans les roches des tranchées de plus en plus larges et profondes ; les ravins deviennent des vallées, les parties élevées qui les séparent se découpent en massifs irréguliers, et ceux-ci, se divisant eux-mêmes en collines ou en escarpements séparés, diminuent de hauteur sous l'action des pluies et des gelées qui attaquent leurs sommets et leurs versants. On trouve sur tous les points du globe des exemples de ces changements. Les montagnes que nous avons en Angleterre, comme celles du dessin, ne sont que des fragments qui subsistèrent après le creu-

sement des vallées qui les entourent. Les Ghauts de l'Inde et la montagne de la Table, au Cap, sont également des exemples remarquables de ce genre de formation.

Les mêmes forces qui ont creusé les vallées et découpé les montagnes qui les séparent sont encore à l'œuvre aujourd'hui. Chaque année ajoute aux ravages. Ainsi, bien que nous sachions, en contemplant une chaîne de montagnes, qu'elle fut soulevée tout d'abord par des mouvements souterrains, nous reconnaissons cependant que les formes sous lesquelles elle se présente aujourd'hui lui ont été données depuis le soulèvement ancien par les mêmes forces, les pluies, les gelées, les sources, les glaciers, etc., qui de nos jours encore façonnent sa surface.

V. — L'histoire de la terre racontée par les roches.

Quand un historien entreprend d'écrire l'histoire d'un pays, son premier soin est de prendre connaissance de tous les documents épars qui pourront jeter quelque lumière sur les événe-

ments qu'il doit raconter. Il fouille les archives et les bibliothèques publiques, recueille tout ce qu'il peut dans les livres et parcourt même les pays étrangers à la recherche de tous les écrits contemporains qui pourront éclaircir quelque point obscur ou incertain. Ce n'est qu'après un long travail de ce genre qu'il rassemble tout ce qu'il a recueilli et qu'il en fait la trame d'un récit continu. Il trouvera sans doute dans ses recherches que certaines périodes sont fort clairement retracées par les documents contemporains, tandis que sur d'autres c'est à peine s'il peut réunir quelques informations satisfaisantes, tous les papiers qui auraient pu le renseigner sur les faits étant perdus ou détruits. Son histoire contient donc des parties moins dignes de confiance, peut-être même des lacunes que toute l'activité de ses recherches n'a pu combler.

Ce qui est vrai de l'histoire d'un pays l'est aussi du géologue. Comme nous l'avons dit déjà, comme vous avez pu vous en convaincre à chaque pas, la terre a son histoire aussi bien que les peuples qui l'habitent. Le géologue peut s'appeler l'historien de la terre. Ses recherches ont pour but de rassembler toutes les preuves encore

existantes des changements qui se sont produits sur la surface de la terre et de les disposer dans l'ordre où ils se sont présentés, de façon à rétablir jusqu'à nos jours la grande marche des événements.

Les roches de l'écorce terrestre sont pour le géologue ce que sont pour l'historien les écrits et les inscriptions, les médailles et les livres. Elles contiennent tous les témoignages réels dont il dispose. Ce qu'il découvre en un endroit peut se comparer à ce qu'il trouve en un autre. Il doit faire de longs voyages à la recherche de ce qu'il ne peut trouver chez lui. Il rencontrera certaines lacunes qu'il ne pourra entièrement combler, malgré toute son habileté, car les roches, comme nous l'avons vu, sont sujettes à des révolutions aussi destructives que celles qui firent disparaître les archives des cités et des nations. Le géologue ne peut donc écrire, tout au plus, qu'une chronique imparfaite, mais cette chronique a pour nous tous un intérêt profond, car elle est l'histoire de notre globe, de ses continents et de ses océans, de ses montagnes et de ses vallées, de ses rivières et de ses lacs, des familles de plantes et d'animaux qui peuplent sa surface, de

l'origine et du développement de l'homme lui-même.

Relativement aux premières périodes de l'histoire de la terre, les roches ne peuvent maintenant nous fournir aucun témoignage direct. Quand la terre se détacha du soleil, elle fut sans doute une masse incandescente, comme l'est encore l'astre qui lui donna naissance. Les roches que nous voyons aujourd'hui n'ont pu se former que longtemps après cette époque. Ainsi, quoique les roches puissent nous reporter fort loin dans le passé, elles ne peuvent nous conduire jusqu'aux commencements de l'histoire de la terre comme planète séparée. Cette période reculée ne peut s'appuyer que sur d'autres preuves principalement astronomiques.

Vous avez appris dans les pages qui précèdent comment chaque espèce de roche apporte son témoignage à l'histoire terrestre. Vous avez découvert par exemple, dans les roches d'une carrière ordinaire, l'emplacement d'une mer ancienne avec les restes des animaux qui la peuplaient. Vous avez vu également comment une tourbière peut vous permettre de retracer les limites d'un lac disparu depuis longtemps,

sur lequel nos rudes ancêtres lançaient leurs canots de chêne ; comment aussi les roches d'une houillère nous offrent les traces des forêts successives qui croissaient vigoureusement à la surface et ont été les unes après les autres ensevelies profondément sous la terre.

Dans tous ces exemples, ce que nous apprend chaque série de roches n'est qu'une partie de l'histoire générale du globe. Plus nous recueillerons de ces témoignages particuliers, plus complète sera cette chronique générale de la terre que la géologie a entrepris d'écrire.

Suivant la loi de superposition, les roches stratifiées inférieures sont les plus anciennes. Nous ne pouvons pénétrer qu'à une faible distance dans la terre. Les mines les plus profondes ne descendent qu'à quelques mille pieds. Si ces roches occupaient encore leur position horizontale primitive, nous ne pourrions étudier que celles qui sont tout près de la surface ; mais, comme elles ont été brisées, recourbées, relevées et abaissées, nous voyons non seulement la partie supérieure de la série mais encore quelques-unes des plus anciennes assises. Au lieu d'être horizontales, les roches s'inclinent plus ou moins

rapidement vers l'intérieur presque toujours, et nous pouvons examiner leurs bords, comme nous le ferions d'une rangée de livres (fig. 39 et 40).

Loin d'être par conséquent enterrées sous les milliers de pieds de roche solide qui les recouvraient autrefois, les roches du fond apparaissent souvent sur le sommet de hautes montagnes. Le géologue n'a plus ainsi la peine de creuser des puits ou des trous de sonde profonds pour retrouver l'ordre des roches qui s'étendent sous ses pieds. Par des coupes soigneusement établies de ce qu'il observe à la surface (fig. 45 et 46), il détermine cet ordre avec certitude, et il apprend aussi comment se succèdent les chapitres de sa chronique.

L'écorce terrestre, au moins pour autant que nous puissions l'examiner, est faite principalement de roches sédimentaires et organiques. C'est donc là qu'il faut surtout rechercher les éléments de l'histoire de la terre. Si nous pouvions les entasser les unes au-dessus des autres dans l'ordre de leur formation, ces roches formeraient probablement une masse de plus de douze milles d'épaisseur. Cette masse est la bibliothèque d'où nous devons tirer nos documents.

A part l'ordre de superposition, le géologue possède un autre indice sur l'âge relatif des roches. En comparant entre elles les différentes séries, il a découvert que les fossiles ou les débris de plantes et d'animaux diffèrent de l'une à l'autre. Ainsi, pour en revenir à la figure 46, on constate que les fossiles qu'on rencontre dans les roches A diffèrent de ceux de la série B, et ces derniers de ceux de la série C. En partant des plantes et des animaux de l'époque actuelle pour remonter à des roches de plus en plus anciennes, nous voyons que les plantes et les animaux fossiles deviennent de plus en plus différents de ceux qui vivent aujourd'hui. Chaque grande division de roches a ses fossiles caractéristiques. Nous pouvons donc, à part l'ordre de superposition et mieux encore qu'avec lui, distinguer entre ces divisions au moyen des fossiles.

A l'aide de ces méthodes de classification, le vaste ensemble complexe des roches stratifiées peut se ramifier en grandes divisions peu nombreuses et celles-ci en subdivisions de plus en plus étroites, de façon que chaque banc de roche ait sa place marquée dans la série. Cet arrangement est nécessaire à la clarté, de même qu'un

ouvrage d'histoire doit être divisé en volumes, les volumes en livres, les livres en chapitres, les chapitres en pages et en lignes.

Faisant usage de tous les témoignages que lui fournissent les roches, le géologue essaye d'écrire l'histoire du globe. Il montre comment la terre et la mer ont souvent changé de place, comment à différentes reprises les volcans ont éclaté sur tous les points du globe, comment les continents se sont élevés les uns après les autres, comment les chaînes de montagnes se sont successivement formées, comment les vallées, les ravins et les lacs ont été creusés, comment les climats ont varié lentement de la chaleur tropicale au froid arctique. Au milieu de toutes ces révolutions de la terre solide elle-même, il constate en même temps d'immenses changements dans les plantes et les animaux qui peuplaient sa surface. Il peut montrer que la vie, débutant dans le passé le plus éloigné par les organismes les plus simples, s'est élevée à travers les âges à des formes orga nisées de plus en plus parfaites. Il décrit com ment chaque groupe de mollusques, de poissons, de reptiles est apparu successivement, et après de longues périodes a disparu lentement, pour

faire place à des familles nouvelles ; comment enfin, aux dernières pages de l'histoire qu'il raconte, l'homme a paru sur la scène.

L'histoire géologique fait passer de la sorte sous nos yeux beaucoup de faits calculés pour imprimer dans nos esprits l'idée de la haute antiquité de notre planète, et du merveilleux enchaînement des changements qui constituèrent l'ordre de choses actuel. Elle nous apprend que les montagnes et les vallées n'ont pas été brusquement formées comme nous les voyons aujourd'hui, mais qu'elles l'ont été graduellement, par une longue série d'opérations semblables à celles qui s'exercent encore lentement de nos jours. Nous découvrons que chaque point de la terre que nous foulons peut nous dire son histoire si nous savons l'interroger. Chose plus étrange encore, nous trouvons que les races de plantes et d'animaux qui peuplent aujourd'hui la terre et les mers ne sont pas les races primitives, qu'elles ont été précédées par d'autres et celles-ci par de plus reculées encore. Nous voyons que sur la terre les êtres vivants ont leur histoire comme la matière inerte. Au début de cette histoire merveilleuse, nous ne découvrons les traces

que de formes inférieures, comme les foraminifères de la vase de l'Atlantique. A la fin, nous rencontrons l'homme, pensant, travaillant sans cesse, luttant sans relâche contre les forces de la nature et les maîtrisant l'une après l'autre à mesure qu'il apprend à connaître les lois qui les dirigent.

CONCLUSION

Ce petit livre n'a pas pour but de vous conduire plus avant dans l'histoire de la terre. Il vous a mené jusqu'au seuil d'où vous pouvez voir tout l'intérêt de ce qui se trouve au delà. Vous savez quelque chose des principes généraux qui forment la base de la science. A la lumière de l'enseignement géologique, le pavé des rues, le galet du rivage, chaque pierre enfin a sa signification pour vous. Vous ne vous contenterez plus de collectionner des minéraux et des roches pour le plaisir de voir de jolis objets; vous chercherez encore à découvrir leur nature et leur origine.

Un paysage ne perdra rien de sa beauté à vos yeux parce que vous rechercherez comment les roches de ses montagnes ont été formées, com-

ment il s'est divisé en faîtes et en vallées, pourquoi enfin un rocher s'élève ici, une vaste plaine s'étend plus loin. Quand vous serez debout sur le bord d'un fleuve écumant, votre plaisir ne sera diminué en rien si vons pensez que ce fleuve est un des agents les plus puissants de la nature, qui, jour et nuit, creuse son lit dans les roches et transporte les débris des montagnes jusqu'aux plaines et dans les profondeurs de l'Océan. Le rivage de la mer acquerra de nouveaux charmes à vos yeux quand vous suivrez le long de ses falaises et de ses cavernes les progrès de la destruction, et que vous retrouverez sur ses plages de sable et de galets le pendant de ces dépôts sédimentaires qui constituent des montagnes entières.

Chaque carrière, chaque ravin où la roche se montre à nu aura son intérêt pour vous, si vous y cherchez les restes de quelqu'une des formes végétales qui couvraient la terre ou de quelqu'une de ces tribus animales depuis longtemps éteintes qui peuplaient jadis la mer. Ces fossiles seront pour vous plus qu'un simple objet d'étonnement. Vous chercherez à connaître, dans un livre ou de la bouche d'un ami, les êtres aux-

quels ils ressemblent le plus dans le monde vivant de nos jours. Vous ne vous tiendrez satisfait qu'après avoir recueilli tous les éclaircissements qu'ils peuvent apporter sur la condition première du lieu où vous les trouvez.

La géologie cesse ainsi d'être une leçon apprise dans les livres; elle devient pour vous l'agréable compagne de vos promenades et de vos excursions. Peut-être ne deviendrez-vous pas des géologues, mais du moins ne regretterez-vous jamais le temps que vous aurez passé à vous assimiler les principes qui servent de base à la science géologique et à retracer sous leur direction la merveilleuse histoire de la terre.

TABLE DES MATIÈRES

Coulommiers. — Imp. Paul BRODARD.

La Locomotion chez les animaux (marche, natation et vol), suivie d'une étude sur l'*Histoire de la navigation aérienne*, par J.-B. Pettigrew, professeur au Collège royal de chirurgie d'Édimbourg (Écosse). 1 vol., avec 140 figures dans le texte.

Les Nerfs et les Muscles, par J. Rosenthal, professeur de physiologie à l'Université d'Erlangen (Bavière). 1 vol., avec 75 figures dans le texte.

La Machine animale, par E.-J. Marey, membre de l'Institut, prof. au Collège de France. 1 vol., avec 117 figures dans le texte.

Les Sens, par Bernstein, professeur de physiologie à l'Université de Halle (Prusse). 1 vol., avec 91 figures dans le texte.

La Chaleur animale, par Ch. Richet, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. avec gravures dans le texte.

Les Organes de la parole, par H. de Meyer, professeur à l'Université de Zurich, traduit de l'allemand et précédé d'une introduction sur l'*Enseignement de la parole aux sourds-muets*, par O. Claveau, inspecteur général des établissements de bienfaisance. 1 vol., avec 51 figures dans le texte.

La Physionomie et l'Expression des sentiments, par P. Mantegazza, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Florence. 1 vol., avec figures et 8 planches hors texte, d'après les dessins originaux d'Edouard Ximenès.

PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE

Le Cerveau et ses Fonctions, par J. Luys, membre de l'Académie de médecine, médecin de la Salpêtrière. 1 vol., avec figures.

Le Cerveau et la Pensée chez l'homme et les animaux, par Charlton Bastian, professeur à l'Université de Londres. 2 vol. avec 184 figures dans le texte.

Le Crime et la Folie, par H. Maudsley, professeur à l'Université de Londres. 1 vol.

L'Esprit et le Corps, considérés au point de vue de leurs relations, suivi d'études sur les *Erreurs généralement répandues au sujet de l'Esprit*, par Alex. Bain, professeur à l'Université d'Aberdeen (Ecosse). 1 vol.

Théorie scientifique de la sensibilité : *le Plaisir et la Peine*, par Léon Dumont. 1 vol.

ANTHROPOLOGIE

L'Espèce humaine, par A. de Quatrefages, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris. 1 vol.

La France préhistorique, par E. Cartailhac. 1 vol. avec gravures dans le texte.

L'Homme avant les métaux, par N. Joly, correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse. 1 vol., avec 150 figures dans le texte et un frontispice.

L'homme préhistorique, par Sir John Lubbock, membre de la Société royale de Londres. 2 vol. avec 228 gravures dans le texte.

Les singes anthropoïdes et leur organisation comparée à celle de l'homme, par R. Hartmann. 1 vol. in-8, avec 63 fig.

Les Peuples de l'Afrique, par R. Hartmann, professeur à l'Université de Berlin, 1 vol., avec 93 figures dans le texte.

ZOOLOGIE

Les sens et l'instinct chez les animaux et principalement chez les insectes, par Sir J. Lubbock. 1 vol.

Les Virus, par M. Arloing, directeur de l'École vétérinaire de Lyon, 1 vol. avec figures.

L'intelligence des animaux, par Romanes. 2 vol. précédés d'une préface de M. E. Perrier, professeur au Muséum d'histoire naturelle.

Les microbes, les ferments et les moisissures, par le Dr Trouessart. 1 vol. avec 132 figures.

Les mammifères et leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques, par O. Schmidt. 1 vol. in-8, avec 57 figures.

Descendance et Darwinisme, par O. Schmidt, professeur à l'Université de Strasbourg. 1 vol., avec figures.

Fourmis, Abeilles, Guêpes, par sir John Lubbock. 2 vol., avec figures dans le texte et 13 planches hors texte, dont 5 coloriées.

L'Écrevisse, introduction à l'étude de la zoologie, par Th.-H. Huxley, membre de la Société royale de Londres et de l'Institut de France, professeur d'histoire naturelle à l'École royale des mines de Londres. 1 vol., avec 82 figures.

Les Commensaux et les Parasites dans le règne animal, par P.-J. Van Beneden, professeur à l'Université de Louvain (Belgique). 1 vol., avec 83 figures dans le texte.

La Philosophie zoologique avant Darwin, par Edmond Perrier, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris. 1 vol.

BOTANIQUE — GÉOLOGIE

Les Champignons, par Cooke et Berkeley. 1 vol., avec 110 fig.

L'Évolution du règne végétal, les *Cryptogames*, par G. de Saporta, correspondant de l'Institut, et Marion, prof. à la Faculté des sciences de Marseille. 1 vol., avec 85 figures dans le texte.

L'évolution du règne végétal, les *Phanérogames*, par G. de Saporta et Marion. 2 vol. avec fig. dans le texte.

Les Volcans et les Tremblements de terre, par Fuchs, professeur à l'Université de Heidelberg. 1 vol., avec 36 figures et une carte en couleurs.

Origine des plantes cultivées, par A. de Candolle, correspondant de l'Institut. 1 vol.

Introduction à l'étude de la botanique (le Sapin), par J.-L. de Lanessan, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8. avec figures dans le texte.

La période glaciaire en France, par Falsan, avec grav.

CHIMIE

Les Fermentations, par P. Schutzenberger, membre de l'Académie de médecine, prof. de chimie au Collège de France. 1 vol.

La Théorie atomique, par Ad. Wurtz, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences et à la Faculté de médecine de Paris. Préface par *Friedel*, de l'Institut. 1 vol.

La Synthèse chimique, par M. Berthelot, membre de l'Institut, professeur de chimie organique au Collège de France. 1 vol.

La Révolution chimique (Lavoisier), par M. Berthelot. 1 vol.

ASTRONOMIE — MÉCANIQUE

Histoire de la Machine à vapeur, de la Locomotive et des Bateaux à vapeur, par R. Thurston, professeur de mécanique à l'Institut technique de Hoboken, près de New-York, revue, annotée et augmentée d'une introduction par Hirsch, prof. de machines à vapeur à l'École des ponts et chaussées de Paris. 2 vol., avec 160 figures dans le texte et 16 planches hors texte.

Les régions invisibles du globe et des espaces célestes, par Daubrée, de l'Institut, avec 78 fig.

Les Étoiles, notions d'astronomie sidérale, par le P. A. Secchi, directeur de l'Observatoire du Collège romain. 2 vol., avec 63 figures dans le texte et 16 planches en noir et en couleurs.

Le Soleil, par C.-A. Young, professeur d'astronomie au collège de New-Jersey. 1 vol. in-8, avec 87 figures.

PHYSIQUE

La Conservation de l'énergie, par Balfour-Stewart, professeur de physique au collège Owens de Manchester (Angleterre), suivi d'une étude sur *la Nature de la force*, par P. de Saint-Robert (de Turin), avec figures.

Les Glaciers et les Transformations de l'eau, par J. Tyndall, professeur de chimie à l'Institution royale de Londres, suivi d'une étude sur le même sujet par Helmholtz, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol., avec nombreuses figures dans le texte et 8 planches tirées à part sur papier teinté.

La Photographie et la Chimie de la Lumière, par Vogel, professeur à l'Académie polytechnique de Berlin. 1 vol., avec 95 figures dans le texte et une planche en photoglyptie.

La Matière et la Physique moderne, par Stallo. 1 vol., précédé d'une préface par Ch. Friedel, de l'Institut.

THÉORIE DES BEAUX-ARTS

Le Son et la Musique, par P. Blaserna, professeur à l'Université de Rome, suivi des *Causes physiologiques de l'harmonie musicale*, par H. Helmholtz, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol., avec 41 figures.

Principes scientifiques des Beaux-Arts, par E. Brucke, professeur à l'Université de Vienne, suivi de *l'Optique et les Arts*, par Helmholtz, prof. à l'Université de Berlin. 1 vol., avec fig.

Théorie scientifique des Couleurs et leurs applications aux arts et à l'industrie, par O.-N. Rood, professeur de physique à Colombia-College de New-York (Etats-Unis). 1 vol., avec 130 fig. dans le texte et une planche en couleurs.

BIBLIOTHÈQUE D'HISTOIRE CONTEMPORAINE

Vol. in-18 à 3 fr. 50.
Vol. in-8 à 5 et 7 fr. Cart. 1 fr. en plus par vol.; Reliure 2 fr.

EUROPE

Histoire de l'Europe pendant la Révolution française, par *H. de Sybel*. Traduit de l'allemand par Mlle Dosquet. 4 vol. in-8, 28 ». Chaque volume séparément. 7 »

Histoire diplomatique de l'Europe de 1815 a 1878, par *Debidour*, inspecteur général de l'instruction publique. 2 vol. in-8. 18 fr.

FRANCE

Histoire de la Révolution française, par *Carlyle*, traduite de l'anglais. 3 vol. in-18; chaque volume........... 3 50

La Révolution française, résumé historique, par *H. Carnot*, nouvelle édition. 1 vol. in-18........................ 3 50

Histoire de la Restauration, par *de Rochau*. 1 vol. in-18, traduit de l'allemand.............................. 3 50

Histoire de dix ans, par *Louis Blanc*. 5 vol. in-8..... 25 »
Chaque volume séparément. 5 »

Histoire de huit ans (1840-1848), par *Elias Regnault*. 3 vol. in-8, 15 ». Chaque volume séparément. 5 »

Histoire du Second Empire (1848-1870), par *Taxile Delord*. 6 vol. in-8, 42 ». Chaque volume séparément. 7 »

La France politique et sociale, par *Aug. Laugel*. 1 volume in-8.. 5 »

L'Algérie, par *Maurice Wahl*, 1 vol. in-8............ 5 »

Les Colonies françaises, par *P. Gaffarel*. 1 vol. in-8. 5 »

L'expansion coloniale, par *J.-L. de Lanessan*. Étude économique, politique et géographique sur les établissements français d'outre-mer. 1 fort vol. in-8, avec cartes... 12 »

La Tunisie, par *J.-L. de Lanessan*. 1 vol. in-8 avec 1 carte. 5 »

L'Indo-Chine française, par *J.-L. de Lanessan*. 1 vol. in-8, avec cartes.. 15 »

L'empire d'Annam et les Annamites, par *J. Silvestre*. 1 vol. in-18 avec une carte............................. 3 50

Histoire des idées morales et politiques en France au xviiie siècle, par *Jules Barni*. 2 vol. in-18. Chaque volume... 3 50

Les moralistes français au xviiie siècle, par *Jules Barni*. 1 vol. in-18, faisant suite aux deux précédents...... 3 50

Le vandalisme révolutionnaire, par *Eug. Despois*. Fondations littéraires, scientifiques et artistiques de la Convention. 2e édition, précédée d'une notice sur l'auteur par *M. Charles Bigot*. 1 vol.................................... 3 50

VARIÉTÉS RÉVOLUTIONNAIRES, par *Marcellin Pellet.* 3 vol. in-18, précédée d'une préface de *A. Ranc*................. 10 50
Chaque volume séparément. 3 50

LE SOCIALISME CONTEMPORAIN, par *E. de Laveleye.* 7e édition. 1 vol. in-18.. 3 50

LE CENTENAIRE DE 1789. Évolution politique, philosophique, artistique et scientifique de l'Europe depuis cent ans, par *G. Guéroult.* 1 vol. in-18........................ ... 3 50

ANGLETERRE

HISTOIRE GOUVERNEMENTALE DE L'ANGLETERRE, DEPUIS 1770 JUSQU'A 1830, par sir *G. Cornewal Lewis.* 1 vol. in-8, traduit de l'anglais.................................. 7 »

HISTOIRE DE L'ANGLETERRE depuis la reine Anne jusqu'à nos jours, par *H. Reynald.* 1 vol. in-18................. 3 50

LES QUATRE GEORGES, par *Thackeray,* trad. de l'anglais par *Lefoyer.* 1 vol. in-18............................... 3 50

LA CONSTITUTION ANGLAISE, par *W. Bagehot,* traduit de l'anglais. 1 vol. in-18................................. 3 50

LOMBART-STREET, le marché financier en Angleterre, par *W. Bagehot* 1 vol. in-18............................ 3 50

LORD PALMERSTON ET LORD RUSSEL, par *Aug. Laugel.* 1 vol. in-18... 3 50

QUESTIONS CONSTITUTIONNELLES (1873-1878). Le prince époux. — Le droit électoral, par *E.-W. Gladstone.* Traduit de l'anglais et précédé d'une introduction, par ALBERT GIGOT. 1 vol. in-8°................................... 5 »

ALLEMAGNE

HISTOIRE DE LA PRUSSE, depuis la mort de Frédéric II jusqu'à la bataille de Sadowa, par *Eug. Véron.* 1 vol. in-18. 3 50

HISTOIRE DE L'ALLEMAGNE, depuis la bataille de Sadowa jusqu'à nos jours, par *Eug. Véron.* 1 vol. in-18........ 3 50

AUTRICHE-HONGRIE

HISTOIRE DE L'AUTRICHE, depuis la mort de Marie-Thérèse jusqu'à nos jours, par *L. Asseline.* 1 vol. in-18........ 3 50

RUSSIE

HISTOIRE CONTEMPORAINE DE LA RUSSIE, par M. *Créhange.* 1 vol. in-18.. 3 50

ESPAGNE

HISTOIRE DE L'ESPAGNE, depuis la mort de Charles III jusqu'à nos jours, par *H. Reynald.* 1 vol. in-18.............. 3 50

SUISSE

HISTOIRE DU PEUPLE SUISSE, par *Daendliker,* 1 vol. in-8°. 5 »

AMÉRIQUE

HISTOIRE DE L'AMÉRIQUE DU SUD, par *Deberle.* 1 vol. in-18. 3 50

LES ÉTATS-UNIS PENDANT LA GUERRE, par *Aug. Laugel.* 1 vol. in-18.. 3 50

Coulommiers. — Typ. PAUL BRODARD.

BIBLIOTHÈQUE UTILE

Volumes brochés à **60** *centimes; cartonnés,* **1** *franc.*

1. **Morand**. Introduction à l'étude des sciences physiques.
2. **Cruveilhier**. Hygiène générale.
3. **Corbon**. De l'enseignement professionnel.
4. **L. Pichat**. L'art et les artistes en France.
5. **Buchez**. Les Mérovingiens.
6. **Buchez**. Les Carlovingiens.
7. **F. Morin**. La France au moyen âge.
8. **Bastide**. Luttes religieuses des premiers siècles.
9. **Bastide**. Les guerres de la Réforme.
10. **Pelletan**. Décadence de la monarchie française.
11. **Brothier**. Histoire de la Terre.
12. **Sanson**. Principaux faits de la chimie.
13. **Turck**. Médecine populaire.
14. **Morin**. La loi civile en France.
15. **Zaborowski**. L'homme préhistorique.
16. **Ott**. L'Inde et la Chine.
17. **Catalan**. Notions d'astronomie.
18. **Cristal**. Les délassements du travail.
19. **V. Meunier**. Philosophie zoologique.
20. **J. Jourdan**. La justice criminelle en France.
21. **Ch. Rolland**. Histoire de la maison d'Autriche.
22. **Eug. Despois**. Révolution d'Angleterre.
23. **B. Gastineau**. Les génies de la science et de l'industrie.
24. **Leneveux**. Le budget du foyer. Economie domestique.
25. **L. Combes**. La Grèce ancienne.
26. **F. Lock**. Histoire de la Restauration.
27. **Brothier**. Histoire populaire de la philosophie.
28. **Elie Margollé**. Les phénomènes de la mer.
29. **L. Collas**. Histoire de l'empire ottoman.
30. **F. Zurcher**. Les phénomènes de l'atmosphère.
31. **E. Raymond**. L'Espagne et le Portugal.
32. **Eugène Noël**. Voltaire et Rousseau.
33. **A. Ott**. L'Asie occidentale et l'Egypte.
34. **Ch. Richard**. Origine et fin des mondes.
35. **Enfantin**. La vie éternelle.
36. **Brothier**. Causeries sur la mécanique.
37. **Alfred Doneaud**. Histoire de la marine française.
38. **F. Lock**. Jeanne d'Arc.
39. **Carnot**. Révolution française. Pér. de création. 1789 à 1792.
40. — — Pér. de défense. 1792 à 1804.
41. **Zurcher et Margollé**. Télescope et microscope.
42. **Blerzy**. Torrents, fleuves et canaux de la France.
43. **Secchi, Wolf et Briot**. Le soleil et les étoiles.
44. **Stanley Jevons**. L'économie politique.
45. **Em. Ferrière**. Le darwinisme.
46. **Leneveux**. Paris municipal.
47. **Boillot**. Les entretiens de Fontenelle sur la pluralité des mondes.
48. **Zevort (Edg.)**. Histoire de Louis-Philippe.
49. **Geikie**. Géographie physique (avec fig.).

50. **Zaborowski**. L'origine du langage.
51. **H. Blerzy**. Les colonies anglaises.
52. **Albert Lévy**. Histoire de l'air (avec fig.).
53. **Geikie**. La géologie (avec fig.).
54. **Zaborowski**. Les migrations des animaux.
55. **F. Paulhan**. La physiologie de l'esprit.
56. **Zurcher et Margollé**. Les phénomènes célestes.
57. **Girard de Rialle**. Les peuples de l'Afrique et de l'Amérique.
58. **Jacques Bertillon**. La statistique humaine de la France (naissance, mariage, mort).
59. **Paul Gaffarel**. La défense nationale en 1792.
60. **Herbert Spencer**. De l'éducation.
61. **Jules Barni**. Napoléon Ier.
62. **Huxley**. Premières notions sur les sciences.
63. **P. Bondois**. L'Europe contemporaine (1789-1879).
64. **Grove**. Continents et océans.
65. **Jouan**. Les îles du Pacifique.
66. **Robinet**. La philosophie positive.
67. **Renard**. L'homme est-il libre?
68. **Zaborowski**. Les grands singes.
69. **Hatin**. Le Journal.
70. **Girard de Rialle**. Les peuples de l'Asie et de l'Europe.
71. **Doneaud**. Histoire contemporaine de la Prusse.
72. **Dufour**. Petit dictionnaire des falsifications.
73. **Henneguy**. Histoire de l'Italie depuis 1815.
74. **Leneveux**. Le travail manuel en France.
75. **Jouan**. La chasse et la pêche aux animaux marins.
76. **Regnard**. Histoire contemporaine de l'Angleterre.
77. **Bouant**. Histoire de l'eau (avec fig.).
78. **Jourdy**. Le patriotisme à l'école.
79. **Mongredien**. Le libre-échange en Angleterre.
80. **Creighton**. Histoire romaine.
81. **P. Bondois**. Histoire des mœurs et institutions de la France (depuis les origines jusqu'au XVIIe siècle).
82. **P. Bondois**. Histoire des mœurs et institutions de la France (depuis le XVIIe siècle jusqu'à la Révolution).
83. **Zaborowski**. Les mondes disparus (avec fig.).
84. **J. Reinach**. Léon Gambetta (avec fig.).
85. **H. Beauregard**. Zoologie générale (avec fig.).
86. **Wilkins**. L'antiquité romaine (avec fig.).
87. **Maigne**. Les mines de la France et de ses colonies.
88. **Broquère**. La médecine des accidents.
89. **E. Amigues**. A travers le ciel.
90. **H. Gossin**. La machine à vapeur (avec fig.).
91. **Gaffarel**. Les frontières françaises.
92. **Dallet**. La navigation aérienne (avec fig.).
93. **Collier**. Premiers principes des beaux-arts (avec fig.).
94. **Larbalétrier**. L'agriculture française (avec fig.).
95. **F. Genevoix**. Les matières premières.
96. **Gossin**. La photographie (avec fig.).
97. **Monin**. Les maladies épidémiques (avec fig.).
98. **Faque**. L'Indo-Chine française.
99. **Petit**. L'économie rurale et agricole.
100. **Mahaffy**. L'antiquité grecque (avec fig.).
101. **Bèze**. Histoire de l'armée française.
102. **F. Genevoix**. Les procédés industriels.
103. **Quesnel**. Histoire de la conquête de l'Algérie.

